N°623

Toulouse 1974

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Publication trimestrielle. Vol. XV — N° 3-4 1973.

G. Jalut

POLLEN et SPORES

EXTRAIT

PARIS
61, Rue de Buffon
—
1973

PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

ANALYSE POLLINIQUE DE LA TOURBIÈRE DE LA MOULINASSE : VERSANT NORD ORIENTAL DES PYRÉNÉES

PAR

Guy JALUT.

(Université Paul Sabatier, Laboratoire de Botanique et Biogéographie Toulouse et R.C.P. 323 du C.N.R.S.).

SOMMAIRE. — L'analyse pollinique de la tourbière de la Moulinasse, altitude 1330 m, permet de suivre l'évolution du climat et de la végétation dans cette région du bassin de l'Aude depuis 11650 B.C. Les résultats qu'elle fournit sont comparés à ceux obtenus dans des gisements proches, d'âge comparable et d'altitudes différentes. On constate ainsi qu'à partir de ses refuges tardiglaciaires, la végétation de cette partie du bassin de l'Aude se met en place selon des modalités qui révèlent, dès le Préboréal, l'existence dans les principaux secteurs géographiques du versant nord oriental des Pyrénées, de caractéristiques climatiques semblables à celles que l'on observe de nos jours. Il en va de même dans les hautes vallées de la Têt et du Tech dont les caractéristiques paléoclimatiques et paléosylvatiques sont discutées et comparées à celles du versant nord. Dans un cadre climatique déjà bien défini dès le début de l'Holocène, les fluctuations climatiques postglaciaires agissent différemment sur chacun des secteurs géographiques de cette région compartimentée. Elles y déterminent des types d'évolutions paléosylvatiques originaux.

I. — Introduction.

L'analyse du gisement de la Moulinasse s'insère dans le cadre plus général d'un travail de recherche consacré à l'étude de l'évolution climatique et phytogéographique de l'extrémité orientale des Pyrénées, du Tardiglaciaire à nos jours.

(*) Cet article constitue l'article principal d'une thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles (Toulouse 1974). Numéro d'inscription au Centre National de la Recherche Scientifique : A.O. 8190.

Malgré les limites restreintes de la région étudiée, un carré d'environ 60 kilomètres de côté, l'examen d'une carte (fig. 1) fait rapidement ressortir la complexité topographique du milieu et la diversité climatique et phytogéographique de cette région. Elle est soumise dans sa partie occidentale à l'action des perturbations atlantiques atténuées, dans sa partie orientale à un climat de type méditerranéen. Ces régimes climatiques se nuancent et évoluent rapidement en fonction de l'exposition et de l'altitude dans un milieu montagnard dont nous allons voir les caractéristiques dominantes.

II. — Le milieu étudié.

A. Le cadre physique.

L'extrémité orientale des Pyrénées est dominée par trois hauts massifs : massif du Carlit, massif du Madrès et chaîne Puigmal-Canigou, marqués par un englacement quaternaire réduit, entre lesquels se situent trois bassins d'effondrement : la Cerdagne, le Conflent, le Capcir, respectivement orientés nord-est - sud-ouest, sud-ouest - nord-est et nord-sud.

A l'ouest, le massif du Carlit forme un ensemble compact dominé par le Carlit (2.921 m). Il présente sur ses marges orientales de grandes moraines externes visibles, dans le Capcir aux abords de Formiguères, dans la haute vallée de la Têt au-dessus de Mont Louis et en Cerdagne au niveau d'Angoustrine, d'Enveitg et de Saneja.

Le massif du Madrès culmine à 2.469 m. Son versant nord reçoit ainsi que les Corbières occidentales les dernières perturbations atlantiques. Disséqué par les glaciers quaternaires, il présente un système de vallées rayonnantes dans lesquelles s'observent les dépôts des anciennes langues glaciaires.

La chaîne frontière Puigmal-Canigou constitue, entre le Pla de Salinas à l'est et le Roc Colom, une partie de la limite méridionale de la région étudiée. Cette limite se prolonge par la ligne de crêtes allant du Pic de Costabonne (2.464 m) au Mont Nègre (1.425 m). Elle limite au sud le Haut Vallespir et se poursuit vers la Méditerranée par la chaîne des Albères. Principalement développées en versant nord entre le Puigmal et le Roc Colom, les traces des appareils glaciaires formés lors de la glaciation maximale se répartissent de façon symétrique au niveau du Canigou (G. Viers, 1970).

Ces trois massifs entaillés de vallées nombreuses dominent le paysage et influent de façon considérable sur les climats d'une région fortement compartimentée qui présente, de ce fait, des types climatiques contrastés (fig. 2).

L'originalité de ce milieu provient enfin, de la proximité de ces massifs de la Méditerranée. Le sommet du Canigou n'est qu'à 50 km de la mer et celui du Madrès à environ 68 km. C'est donc dans un

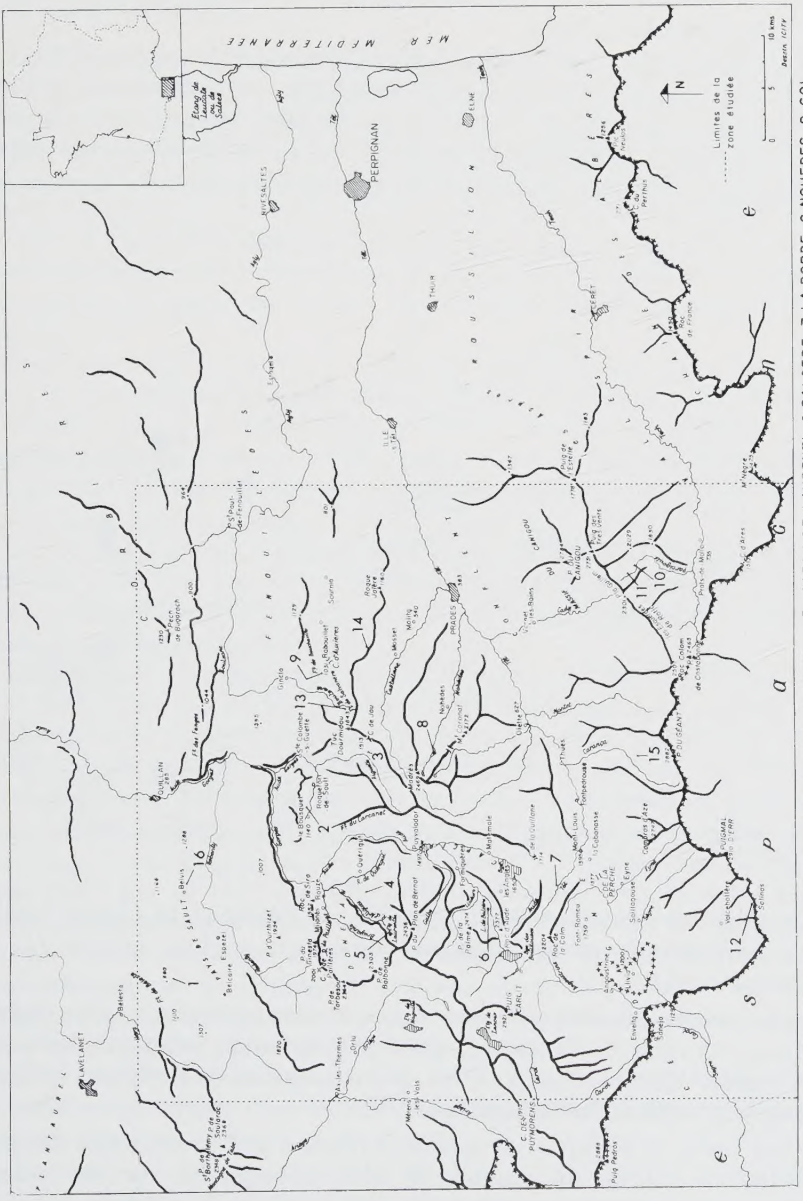


Fig. 1 : EXTRÉMITÉ ORIENTALE DES PYRÉNÉES

espace réduit que le climat et la végétation de ce domaine connaissent une évolution dont les caractéristiques essentielles sont la rapidité et la diversité.

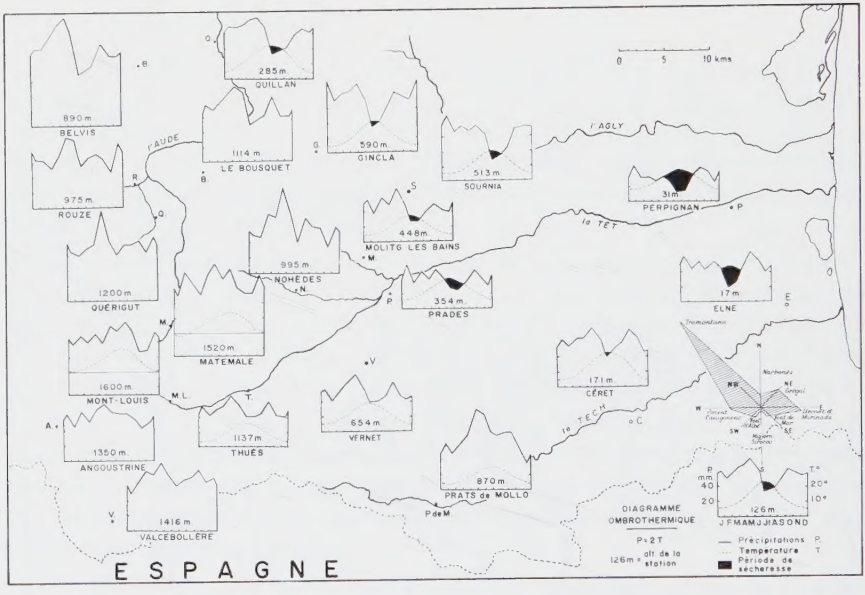
B. Le Climat.

a) *Les vents.*

La fréquence et les principales directions des vents ont été schématisées dans la figure 2.

La Tramontane, de secteur ouest-nord-ouest à nord-nord-ouest, est le vent dominant des Pyrénées Orientales, « élément prédominant du climat roussillonnais » (G. Casanobe, 1966). Violent et sec il peut par suite de perturbations « à retour d'est » (J. P. Vigneau, 1971) déclancher de fortes pluies accompagnées d'un vent du nord-ouest

Fig. II _ Esquisse climatique de l'extrémité orientale des Pyrénées



qui affectent principalement la vallée de l'Agly et le Capcir tandis que le Vallespir et la Cerdagne sont alors moins touchés (J. P. Vigneau, 1971).

Les vents d'ouest-sud-ouest à ouest correspondent, par régime anti-cyclonique (G. Casanobe, 1968) à la brise de terre, canalisée par les vallées d'orientation sud-est - nord-ouest, et par régime cyclonique, ils précèdent la Tramontane.

Les vents cycloniques de secteur sud-est à sud provoquent des précipitations faibles en plaines, et plus abondantes sur les reliefs, notamment le Vallespir. Ils sont différents de la « Marinada » ou brise marine dont les effets se font sentir assez loin à l'intérieur des

terres. Le vent cyclonique de secteur est ou Levant, accompagne enfin des précipitations longues et importantes en automne et au printemps.

b) *La pluviométrie.*

L'action de ces vents humides sur les différents compartiments de l'extrémité orientale des Pyrénées varie profondément du fait de la présence des hauts massifs qui vont déterminer tantôt des effets orographiques d'abris, tantôt des effets orographiques d'aggravation.

Il s'ensuit une répartition des précipitations annuelles dont l'expression graphique, associée toutes les fois que cela est possible, aux courbes de températures permettent, sous la forme du diagramme ombrothermique de F. Bagnouls et H. Gaussen (1953) de traduire les principaux types de climats observables dans le secteur étudié (fig. 2).

Cette carte fait ressortir le caractère contrasté des types climatiques de l'extrémité orientale des Pyrénées. Plusieurs régions sont fortement arrosées. Elles correspondent, en exposition nord, au Pays de Sault, au Donezan et au versant nord du Madrès soumis aux perturbations atlantiques ; en exposition sud-est, à la haute vallée du Tech ou Haut Vallespir.

Le versant nord du Canigou et la haute vallée de la Têt sont plus secs mais dès que l'on s'élève en versant sud du Madrès ou vers le haut Conflent le climat évolue vers un type continental avec maximum pluviométrique d'été.

Les bassins intra-montagnards de Cerdagne et du Capcir présentent également un régime pluviométrique de type continental. Ils sont en outre caractérisés, du fait de la situation d'abri que leur confèrent les massifs montagneux limitrophes, par un net déficit pluviométrique. Le Capcir est, par suite de son exposition, plus arrosé que la Cerdagne mais il l'est moins cependant que le Donezan plus exposé aux perturbations atlantiques (*). Le régime méditerranéen défini par de faibles précipitations générales, des épisodes pluvieux principalement répartis en automne et en hiver, de fortes sécheresses et une assez grande amplitude thermique, (diagrammes ombrothermiques de Perpignan et Elne), évolue d'est en ouest. Cela se traduit par une diminution progressive des précipitations automnales au profit des pluies de printemps puis d'été.

Cette évolution climatique et par suite celle de la végétation s'effectuent comme nous l'avons souligné précédemment dans un espace réduit.

(*) Le diagramme ombrothermique de Matemale, établi pour la période 1950 - 1959 particulièrement arrosée traduit mal cette situation.

C. La végétation de l'extrémité orientale des Pyrénées ; caractères généraux et aspects particuliers.

La végétation de l'extrémité orientale des Pyrénées a été décrite et cartographiée par H. Gaussen (1926, 1948, 1972).

La carte de la végétation de Perpignan (H. Gaussen, 1948 et 1972) souligne l'importance dans le bassin de l'Aude exposé au Nord, de la hêtraie-sapinière. Dans le bassin de la Têt, cette formation est peu étendue. Elle est essentiellement localisée dans le versant nord du Mont Canigou tandis que dans des vallées d'orientation nord-sud comme celle de la Carança seule une sapinière réduite et très exploitée subsiste de nos jours. Dans la vallée de Nohèdes, sur le versant nord du Mont Coronat persiste une hêtraie en contact, à sa partie supérieure, avec le Pin sylvestre et le Pin à crochets.

Dans le Haut Vallespir, en dépit d'une pluviométrie élevée, la sapinière est absente et la hêtraie chétive. L'aspect de la végétation reflète ici une action humaine très importante poursuivie de façon continue depuis le Subboréal jusqu'à l'époque actuelle (G. Jalut, 1971).

Les vallées de l'Aude, de l'Aiguette, de la Têt et du Tech constituent d'importantes voies de pénétration pour les cortèges méditerranéens et subméditerranéens. Elles mettent ainsi, à quelques kilomètres seulement l'une de l'autre la pelouse alpine et la garrigue méditerranéenne. On observe ainsi fréquemment le Sapin et le Hêtre au contact du Chêne vert, notamment dans les vallées encaissées de l'Aude, de l'Aiguette, du Rebenty, où se réalisent des phénomènes de coincement (P. Dansereau, 1956) particulièrement remarquables.

Parmi les arbres et les arbustes présents dans la région étudiée, la répartition actuelle du Noisetier, *Corylus avellana* L., a attiré notre attention. On le rencontre en effet dans plusieurs situations différentes.

Dans la vallée de Nohèdes (fig. 1), sur le versant sud du Madrès, vers 1150 m d'altitude, il constitue, avec *Fraxinus excelsior* L., *Alnus glutinosa* L. et *Populus tremula* L., un groupement de fond de vallée humide en contact avec une forêt mixte de *Fagus* et *Pinus silvestris* L. En descendant la vallée de l'Aiguette, sur le versant nord du Madrès, c'est également à partir de 1150 m que l'on trouve *Corylus* en compagnie de *Fraxinus excelsior* et *Buxus sempervirens* L., à la base de la hêtraie, à proximité du torrent, dans un milieu frais et humide. Il en va de même dans la basse vallée de la Parcigoule (Haut Vallespir) où il forme tantôt des taillis couvrant de vastes surfaces à la base de la hêtraie, tantôt des formations mixtes avec le Frêne, principalement sur la rive droite de la Parcigoule entre 900 et 1300 m d'altitude.

Dans la vallée de la Carança, sur la rive gauche de ce torrent, en exposition est, vers 1750 m, *Corylus* se rencontre dans une formation claire aux côtés de *Genista purgans* L., *Juniperus communis* L., *Betula verrucosa* Ehrh., *Sambucus racemosa* L., *Acer pseudoplatanus* L. et quelques *Fraxinus excelsior*. A la même altitude mais sur la rive droite du torrent croît le Sapin, *Abies pectinata* Lmk. A partir de 1700 m, *Betula verrucosa* et *Corylus avellana*, forment un peuplement dense bientôt complété par *Sorbus aria* L., *Sorbus aucuparia* L. et *Populus tremula*. En sous-bois se rencontrent *Trollius europaeus* L., *Aquilegia vulgaris* L., *Ranunculus acer* L., *Geranium nodosum* L. vers 1360 m *Corylus*, toujours abondant se mélange au Chêne sessile, *Quercus sessiliflora* Salisb. tandis qu'en sous-bois on note *Hepatica triloba* Chaix, *Dentaria pinnata* Lmk., *Melica uniflora* Retz. Ces formations dans lesquelles *Corylus* domine, occupent des milieux frais et humides, très proches de la sapinière et couvrent en partie la place occupée jadis par le Hêtre avant sa disparition pendant la période historique, par suite d'une exploitation trop intense (diagramme du Pla de Bassibes alt. 1940 m. G. Jalut non publié).

Dans le Donezan, sur le versant ensoleillé de la Montagne de Mijanès, le Noisetier forme un peuplement dense qui s'intercale entre une chênaie pubescente réduite, installée à proximité de cultures abandonnées, et une hêtraie chétive qui s'étend sur la rive gauche du ruisseau de Pailhères, en direction du Port de Pailhères.

Dans chacune des situations envisagées, que le Noisetier forme des peuplements purs ou qu'il soit en mélange, sa répartition traduit une nette dépendance vis-à-vis de l'humidité : humidité édaphique ou humidité atmosphérique lorsqu'un drainage important existe par suite d'une pente importante. Ces observations rejoignent celles de O. de Bolos (1973) concernant la répartition des forêts caducifoliées humides des Pyrénées catalanes. Aussi, en tenant compte de l'extension actuelle du Noisetier dans certaines parties de la région étudiée et de l'importance nettement supérieure qu'il a eu au début du Postglaciaire, nous l'avons considéré non comme un simple élément de taillis ou comme un stade de dégradation, mais comme une essence forestière dont l'extension holocène dans les limites actuelles de l'étage montagnard a constitué une étape importante vers le développement ultérieur du Hêtre et du Sapin et n'a été possible que grâce à des conditions d'humidité suffisantes.

L'étude du milieu physique, des caractéristiques climatiques et de la végétation de l'extrémité orientale des Pyrénées qui vient d'être esquissée ici, fait ressortir la grande diversité des climats et des formations végétales des milieux qui composent ce massif montagneux du domaine méditerranéen occidental. Cette constatation nous a amené à effectuer avec prudence des comparaisons paléoclima-

tiques et paléophytogéographiques entre les différentes vallées que nous avons étudiées ; elle nous a conduit à appuyer le plus souvent possible notre interprétation sur la connaissance de la végétation actuelle ainsi que sur de nombreuses datations absolues (50 pour l'ensemble des gisements actuellement étudiés).

III. — Etude du gisement de la Moulinasse.

A — Historique des études sur le bassin de l'Aude.

Les premières hypothèses concernant l'évolution de la végétation et du climat de la moitié orientale des Pyrénées, de la dernière phase glaciaire à nos jours, ont été formulées dès 1926 par H. Gaussen et reprises ultérieurement par cet auteur en 1929 et 1939. Ce n'est qu'en 1929 qu'est effectuée par P. Keller la première analyse pollinique de la tourbière du Pinet (fig. 1).

En 1926, se basant sur des documents géologiques et botaniques H. Gaussen conclut à l'existence dans les Pyrénées d'une période xérothermique, selon le terme de J. Briquet (1899), plus chaude et plus sèche que la période actuelle, séparant la dernière phase glaciaire froide de la phase actuelle tempérée. L'analyse pollinique de la tourbière du Pinet, en 1929, permet à P. Keller de distinguer à la base du gisement une « période du Pin » avec *Pinus silvestris* et *Pinus uncinata* qui renforce l'hypothèse de H. Gaussen et Ch. Flahault pour lesquels le Pin à crochets, à 880 m d'altitude sur cette tourbière, représente une relique des temps glaciaires.

A cette phase à Pin succèdent dans l'analyse de P. Keller une phase à Noisetier, puis une phase à Chêne marquée par la régression du Pin, le développement de l'Aulne et l'apparition du Sapin. La phase à Sapin survient ensuite et il s'y produit selon P. Keller, un développement synchrone de l'Epicea. Le Hêtre n'apparaît que plus tard, dans les niveaux récents de la tourbière.

Cette présence de l'Epicéa, considéré jusqu'alors comme introduit aux Pyrénées, est discutée par H. Gaussen qui voit cependant, dans les phases à Noisetier et Chêne de P. Keller, la confirmation de l'existence d'une période xérothermique. Pendant cette période, d'après H. Gaussen, le Sapin se serait réfugié dans les falaises calcaires exposées au nord du rebord septentrional du Pays de Sault tandis que le Hêtre, mieux apte à supporter les conditions xérothermiques aurait colonisé les sommets à plus de 2000 m. Après la période xérothermique, durant la phase mésothermique, le climat devenant plus froid et plus humide que dans la période précédente, le Sapin serait parti à la conquête du Pays de Sault et de la montagne en empruntant les vallées tandis que le Hêtre serait progressivement

redescendu. Par ailleurs, H. Gaussen envisage en 1929 et 1932, durant la phase du Pin de P. Keller, l'existence de refuges situés dans les falaises ensoleillées du Plantaurel, grâce auxquels les Chênes, le Noisetier et le Sapin auraient pu subsister.

Enfin, en 1946, G. et C. Dubois analysant de nouveaux échantillons de la tourbière du Pinet, confirment l'existence des phases énumérées par P. Keller mais ne retrouvent pas les pollens d'Epicea.

Les analyses polliniques de P. Keller et de G. et C. Dubois n'ayant pu bénéficier, à l'époque, des datations au C^{14}, et les distances entre les échantillons analysés étant beaucoup trop importantes (20 à 25 cm), il était nécessaire de reprendre l'étude du gisement du Pinet et d'étendre les recherches palynologiques non seulement dans la partie nord orientale du bassin de l'Aude mais dans l'ensemble de l'extrémité orientale des Pyrénées. Les sédiments du Lac de Balcère ont d'abord été étudiés (M. Van Campo et G. Jalut, 1969). Ils ont permis de suivre l'évolution de la végétation depuis le Dryas ancien supérieur jusqu'à la période actuelle. Parallèlement aux études menées dans les bassins de la Têt et du Tech (G. Jalut 1970 (b) et 1971 (a)), trois gisements ont été successivement étudiés dans le bassin de l'Aude ; les tourbières du Pinet (Pays de Sault) du Ruisseau du Fournas (Donezan) et de l'étang de Laurenti (Donezan). Les résultats qu'ils ont fournis, étayés par de nombreuses datations absolues, ont permis de préciser l'évolution tardiglaciaire et postglaciaire du climat et de la végétation de cette partie du bassin de l'Aube.

B — Etude du gisement de la Moulinasse.

1 — *Le milieu étudié.*

a) Situation géographique.

Coordonnées géographiques :

Lat. 42° 41' 39" N
Long. 2° 14' 8" E
Altitude : 1330 m.

La tourbière de la Moulinasse est située dans le département de l'Aude sur le versant nord du massif du Madrès, en contrebas du Col de Jau, à environ 4,5 kilomètres au sud du village de Counozouls. Elle fait partie d'un vaste ensemble tourbeux développé sur la rive droite de l'Aiguette de part et d'autre de la route départementale D. 84, au niveau des dépôts morainiques qui marquent l'extension maximale du glacier de l'Aiguette issu d'un cirque glaciaire situé à 2110 m d'altitude en versant Nord du Madrès.

L'ensemble des dépôts quaternaires auxquels se rattachent ces formations tourbeuses repose sur des granites schisteux ou migmatiques.

b) Situation climatique.

Le gisement est situé à la limite orientale extrême du Pays de Sault. Ses caractéristiques pluviothermiques sont voisines de celles observées à Belvis et au Bousquet (fig. 2). La pluviométrie élevée est principalement répartie au printemps, en hiver et en automne.

Par rapport au Donezan, le versant nord du Madrès occupe une position plus orientale. Les études du relief glaciaire effectuées dans cette région par G. Viers (1971) ont montré que par suite de cette situation, le niveau d'enracinement des moraines (voisin de l'isotherme 0° annuel) était situé vers 1800 m dans la haute vallée de l'Aiguette, soit 100 m plus haut que celui des moraines de Mijanès dans le Donezan. De plus, le glacier de l'Aiguette n'est descendu que vers 1300 m d'altitude, celui de Mijanès atteignant 800 m environ. En l'absence de données chiffrées, cet exemple montre qu'à altitude égale, dans le versant nord, les températures et les précipitations varient en fonction de la position plus ou moins orientale des régions étudiées.

Les vents qui affectent cette région sont canalisés par la vallée de l'Aiguette. Ils soufflent à la fois du sud vers le nord et du nord vers le sud. La fréquence et la violence des vents de secteur nord se traduit en contre-bas du versant sud du Col de Jau par des phénomènes d'anémomorphoses affectant plus particulièrement quelques îlots de Hêtres.

Les brouillards se déplacent selon des directions identiques. On peut ainsi observer, en même temps, des masses de brouillard en provenance de la vallée de la Castellane qui descendent le versant nord au Col de Jau puis remontent la haute vallée de l'Aiguette tandis qu'une partie entre en contact, en contrebas de la tourbière, avec d'autres masses de brouillard issues du versant nord du massif du Dourmidou et qui, après avoir franchi les crêtes surplombant Sainte Colombe/Guette envahissent la plaine de Roquefort de Sault et la moyenne vallée de l'Aiguette.

c) Le cadre botanique.

Dans cette région à nébulosité et à pluviométrie élevées, le Hêtre et le Sapin connaissent un développement important (fig. 3).

La tourbière de la Moulinasse est située en contrebas de la forêt de Lapazeuil. Cette forêt est principalement constituée de Pins à crochets et de Sapins. Le Pin à crochets se répartit approximativement entre 1600 et 2100 m d'altitude. Il est surmonté, jusqu'au sommet du Madrès par une pelouse alpine. En exposition nord, de 1600 m jusqu'à environ 1300 m d'altitude, le Sapin constitue l'essence dominante de la forêt. Sur la rive gauche de l'Aiguette, sur le

versant ensoleillé de la Soula de la Moulinasse, il occupe une place très importante et monte jusqu'à 1800 m d'altitude environ. On observe également dans cette sapinière, quelques îlots de Bouleaux (*Betula verrucosa* Ehrh.) et, à sa partie supérieure, à quelques mètres en contrebas des pâturages de Madrès entre 1800 et 1850 m, *Sorbus aucuparia* L.

En contrebas de la Moulinasse, à partir de 1300 m d'altitude environ, l'Aiguette s'enfonce entre des versants couverts de Hêtres. Par places, en exposition nord, le Sapin et le Hêtre se mélangent parfois, jusqu'à environ 1000-1100 d'altitude.

Lorsqu'on redescend l'Aiguette, les premiers Frênes (*Fraxinus excelsior* L.) apparaissent vers 1170 m en bordure du torrent, en même temps que les premières prairies. Le Noisetier et le Buis (*Buxus sempervirens* L.) apparaissent à très peu de distance en contrebas, vers 1150 m d'altitude. A partir de ce moment, *Corylus* devient abondant de part et d'autre de la route jusqu'à environ 900 m d'altitude.

Vers 1050 m d'altitude, la forêt de Hêtres fait place aux prairies et aux zones anciennement cultivées et abandonnées. On observe de nombreux taillis et bosquets de Hêtres ainsi qu'une grande quantité de Frênes qui forment, en mélange parfois avec le Peuplier, *Populus nigra* L., les haies des prairies et colonisent, peu à peu, avec *Corylus*, les surfaces abandonnées.

C'est dans les zones cultivées de la région de Counozouls que s'observent les premiers Noyers (*Juglans*), vers 1060 m d'altitude.

En dessous de Counozouls, l'Aiguette est très encaissée et la Frênaie constitue la principale formation sur les versants qui la bordent. A partir de la confluence de l'Aiguette et du ruisseau issu de la plaine de Roquefort de Sault, les terrains schisteux du Devonien inférieur et du Gothlandien montrent des intercalations calcaires très développées. La végétation évolue alors rapidement par suite de conditions édaphiques favorables et de la présence de reliefs exposés vers le sud.

Le Chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) occupe désormais les versants de la rive gauche de l'Aiguette jusqu'à Sainte Colombe sur Guette. Par endroit, le Chêne vert et le Thym (*Thymus vulgaris* L.) font leur apparition. Au-delà de ce village et jusqu'à la confluence de l'Aiguette et de l'Aude, sur des calcaires secondaires marmorisés, le Chêne vert (*Quercus Ilex* L.), le Genêt scorpion (*Genista scorpius* Lmk.), le Thym, occupent les pentes ensoleillées, tandis que sur les versants plus frais, distants parfois de quelques dizaines de mètres seulement, croissent, côte à côte, le Hêtre et le Chêne pubescent. Ils sont souvent surmontés par le Sapin au-dessus duquel, sur les versants des sommets les mieux exposés, se retrouve

de temps à autre le Chêne vert. La topographie et l'exposition d'une part, les conditions édaphiques d'autre part, favorisent ici des phénomènes de coincements et des inversions d'étages, à une distance qui n'excède pas 15 kilomètres du sommet de Madrès.

2 — *Techniques d'étude : sondages, analyse, expression des résultats.*

Sondages.

Trois sondages ont été réalisés à l'aide de la sonde de Hiller dans la tourbière de la Moulinasse. Deux d'entre eux ont fait l'objet d'une étude complète et détaillée, étayée dans chaque cas par six datations au C^{14}. Le troisième sondage a fait l'objet d'une étude sommaire visant à confirmer l'existence des principales phases paléosylvatiques mises en évidence et n'a donné lieu qu'à la réalisation d'un diagramme succinct.

Les échantillons ont été prélevés suivant la nature du sédiment, soit tous les 2,5 cm, soit tous les cinq centimètres.

Déterminations et calcul des pourcentages.

Il a été tenté, toutes les fois que cela était possible, de distinguer le Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ram.) du Pin sylvestre (*Pinus silvestris* L.) à partir des travaux de M. Van Campo (1950) et B. Aytug (1960 et 1962). Compte tenu de la morphologie des pollens observés, de l'altitude du gisement étudié, et de la répartition actuelle du Pin à crochets, tant dans sa zone actuelle que dans des stations reliques du bassin de l'Aude de moyenne altitude, nous avons considéré que la très grande majorité des pollens de Pin rencontrés appartenait au type *Pinus uncinata* Ram.

Dans certaines régions du bassin de la Têt (vallée de Nohèdes et de la Carança) étant donné la présence plus ou moins proche du Pin sylvestre, nous n'avons donné un nom d'espèce qu'aux seuls pollens qui nous paraissaient typiques, laissant de ce fait, une forte proportion de pollens de Pins indéterminés.

Nous avons également tenté de déterminer spécifiquement les pollens de Chênes en nous appuyant sur les études de M. Van Campo et H. Elhaï (1956) et de N. Planchais (1962).

Les pourcentages de l'ensemble des pollens ont été calculés par rapport à la somme totale des pollens comptés, y compris *Corylus*, *Alnus* et les spores de Fougères, en excluant naturellement les spores de Sphaignes.

Zonation.

Afin de rendre plus claire et plus aisée la comparaison des résultats obtenus dans les différentes régions de l'extrémité orientale des Pyrénées, nous avons conservé la zonation de H. Godwin déjà utili-

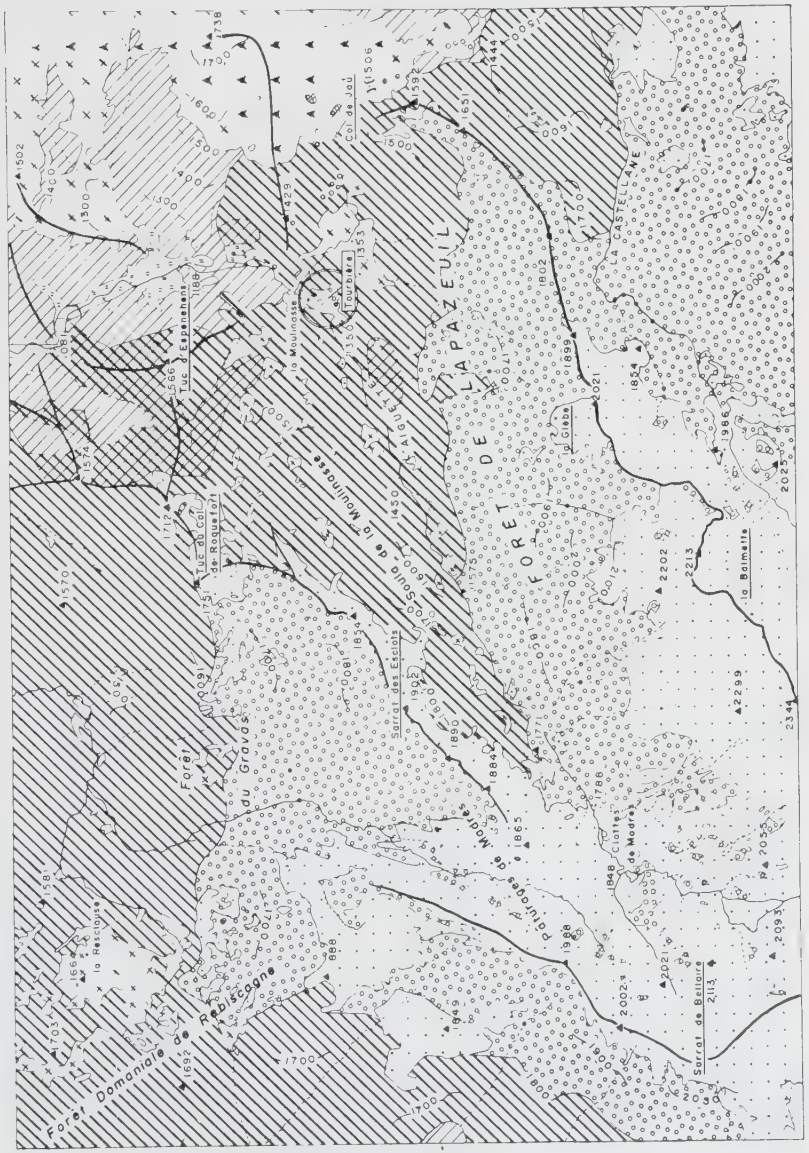


Fig. III — ESQUISSE CARTOGRAPHIQUE DE LA VÉGÉTATION DE LA HAUTE VALLÉE DE L'AIGUETTE (versant Nord du Madrès)

sée lors de l'étude des gisements de Balcère (M. Van Campo et G. Jalut 1969), de la Borde et des Estables I (G. Jalut 1970 et 1971 a). Bien que les termes de la nomenclature classique de Blytt Sernander ne conviennent guère dans cette région du domaine méditerranéen occidental, nous avons constaté, grâce aux nombreuses datations absolues obtenues que, dans la zone altitudinale étudiée, les limites des principales phases climatiques tardiglaciaires et postglaciaires correspondaient assez fidèlement à celles définies par H. Godwin. C'est donc essentiellement dans un sens chronologique que cette nomenclature a été employée.

Les phases paléosylvatiques du sondage de la Moulinasse I apparaissant, dans l'ensemble, de façon plus nette, ce sondage a été pris comme référence et le diagramme qui en est issu, étudié en détail.

3 — *Stratigraphie du sondage de la Moulinasse I.*

0 - 0,25 m : sédiment très peu décomposé riche en radicelles
0,25 m - 0,50 m : tourbe grise peu décomposée
0,50 m - 1,50 m : tourbe brune décomposée riche en radicelles
1,50 m - 1,70 m : tourbe blonde décomposée
1,70 m - 2,00 m : tourbe brune décomposée
2,00 m - 2,45 m : tourbe brune très décomposée, pâteuse
2,45 m - 2,75 m : tourbe brun foncé très décomposée, pâteuse
2,75 m - 2,95 m : tourbe brune décomposée
2,95 m - 3,10 m : tourbe brun foncé très décomposée, pâteuse
3,10 m - 3,15 m : sédiment micacé argilo-sableux brun
3,15 m - 3,35 m : sédiment micacé argilo-sableux brun foncé
3,35 m - : blocs de granit.

4 — *Interprétation du diagramme.*

Les datations absolues et l'évolution des cortèges floristiques permettent d'individualiser clairement les périodes tardiglaciaires et postglaciaires.

A — Le Tardiglaciaire : 3,35 m - 2,91 m.

Dans le sondage de la Moulinasse I, les trois phases classiques : Dryas ancien supérieur, Alleröd, Dryas récent peuvent être reconnues.

1) *Le Dryas ancien supérieur,* zone I : 3,35 m - 3,06 m. Datation fournie par le C^{14} ; La Moulinasse I : 11 650 BC (Gif 1775). La Moulinasse II : 10 190 BC (Gif 2662).

Le paysage végétal de cette époque est extrêmement pauvre en arbres. Le Pin à crochets et le Bouleau sont représentés dans des

proportions qui n'excèdent pas, respectivement 8 % et 2 % du total des pollens et spores comptés. Dans le gisement de la Moulinasse II, leurs taux sont encore inférieurs, ce qui donne des valeurs moyennes de l'ordre de 5 % et 0,8 %. Il est donc permis de supposer, compte tenu de l'excellent pouvoir de dissémination de ces pollens, que le Pin à crochets et le Bouleau sont, à cette époque, éloignés du gisement et sans doute situés nettement en contrebas.

Une flore héliophile, composée d'éléments steppiques constitue le tapis végétal. On y rencontre notamment *Hippophae rhamnoides* L., *Ephedra* et *Artemisia* sp. aux côtés desquels figurent *Armeria, Thalictrum, Trifolium* type *alpinum*.

L'abondance de *Juniperus*, la présence de *Cryptogramma crispa* D. Br., d'*Hippophae* et d'*Ephedra* suggèrent l'existence d'un milieu de rocailles et de graviers en voie de colonisation correspondant sans doute au lit de l'Aiguette et à ses abords immédiats. Il est dominé par des versants colonisés par les Graminées et les Cypéracées associées à un cortège d'héliophiles dont les plus abondantes sont les Armoises, les Ombellifères, les Composées tubuliflores et liguliflores.

L'image fournie par le sondage de la Moulinasse II est en tout point comparable à celle observable dans le diagramme de la Moulinasse I. On remarque dans les deux cas la présence de pollens d'arbres indicateurs de milieux différents plus humides et plus chauds : Noisetier, Aulne, Chêne, Sapin, Hêtre. Un phénomène identique est observable dans le gisement de Balcère (M. Van Campo et G. Jalut, 1969). Il peut dans chaque cas être interprété comme le résultat de contaminations dues principalement à l'emploi de la sonde Hiller. Toutefois, si cette éventualité ne peut être totalement exclue, on peut lui opposer plusieurs faits d'observation qui militent en faveur d'une présence logique de ces pollens.

Le premier est relatif à la présence subitement plus fréquente de l'ensemble des pollens cités dès l'Alleröd dans les gisements de la Moulinasse I, et de Balcère.

Si l'on peut néanmoins douter des conditions de sondage, il faut constater que dans des gisements ayant permis, soit de prélever directement des échantillons sur un front de coupe (Les Estables I, G. Jalut, 1971), soit de prélever des échantillons au laboratoire au sein même de blocs de tourbes ou d'argiles (Nohèdes. G. Jalut, non publié) on observe la présence rare mais constante des pollens de Sapin et de Chêne au cours des phases précédant la période d'extension de ces essences.

Enfin, en ce qui concerne le Hêtre, l'expérience du gisement de la Borde (G. Jalut, 1971 a) a montré que les pollens de Hêtre étaient présents dans des proportions inférieures à 0,5 % du total des

pollens comptés durant la majeure partie de l'Atlantique, sans que la sonde ait pour autant percé des couches riches en pollens de cette espèce.

Pour ces raisons, nous avons considéré que la présence des pollens de Noisetier, de Chêne, d'Aulne, de Hêtre et de Sapin traduisaient la présence de ces arbres dans la région étudiée.

La composition floristique classique de ce Dryas ancien supérieur se retrouve dans deux autres gisements du bassin de l'Aude : la tourbière du Bousquet (fig. I et IV), près de Roquefort de Sault et le gisement préhistorique de Belvis dans le Pays de Sault (fig. I et IV), étudié par D. Sacchi (1973).

— *La tourbière du Bousquet* (fig. I et IV).

Cette séquence sédimentaire argilo-sableuse de 15 cm d'épaisseur est séparée des niveaux supérieurs analysables par 75 cm de sédiments argilo-sableux stériles en pollens. Elle présente un cortège herbacé conforme dans sa composition à celui du diagramme de la Moulinasse I avec cependant une importance nettement plus grande des Composées liguliflores et des Cypéracées. La représentation des arbres et des arbustes est extrêmement faible et seuls peuvent être considérés comme vraisemblablement issus d'une zone proche du gisement, le Genévrier (*Juniperus*) et l'Argousier (*Hippophae*). Le taux de boisement compris entre 1 % et 1,5 % traduit un paysage totalement dépourvu d'arbres. Par comparaison avec les niveaux datés des gisements de la Moulinasse I et II (11650 BC Gif 1775, La Moulinasse I ; 10190 BC Gif 2662, La Moulinasse II) il semble logique de rattacher ces 15 cm de sédiments à une période du Dryas ancien, antérieure à celle de la Moulinasse.

— *Grotte de Belvis* (fig. I et IV).

Les échantillons étudiés ont été prélevés à 9 niveaux le long d'une coupe effectuée par D. Sacchi.

Les plus anciens niveaux analysables appartiennent (niveaux 9 et 7) à des formations rappelant des poches de cryoturbation. Seule la couche 9 contient quelques vestiges de faune. Ces niveaux 7 et 9 pourraient dater, selon D. Sacchi (communication orale) d'environ 20.000 à 30.000 B.C. soit du Würm III.

La flore mise en évidence est extrêmement pauvre et limitée pour l'essentiel aux Composés liguliflores. Les pollens de Pin, seuls pollens arboréens rencontrés n'excèdent pas 1,6 % ce qui témoigne de l'absence ou de la très grande rareté des arbres à cette époque sur le plateau du Pays de Sault. Après un important hiatus, les couches 5, 4, 3 et 2 montrent de nouveau une flore relativement pauvre mais classique du Tardiglaciaire et notamment du Dryas ancien supérieur.

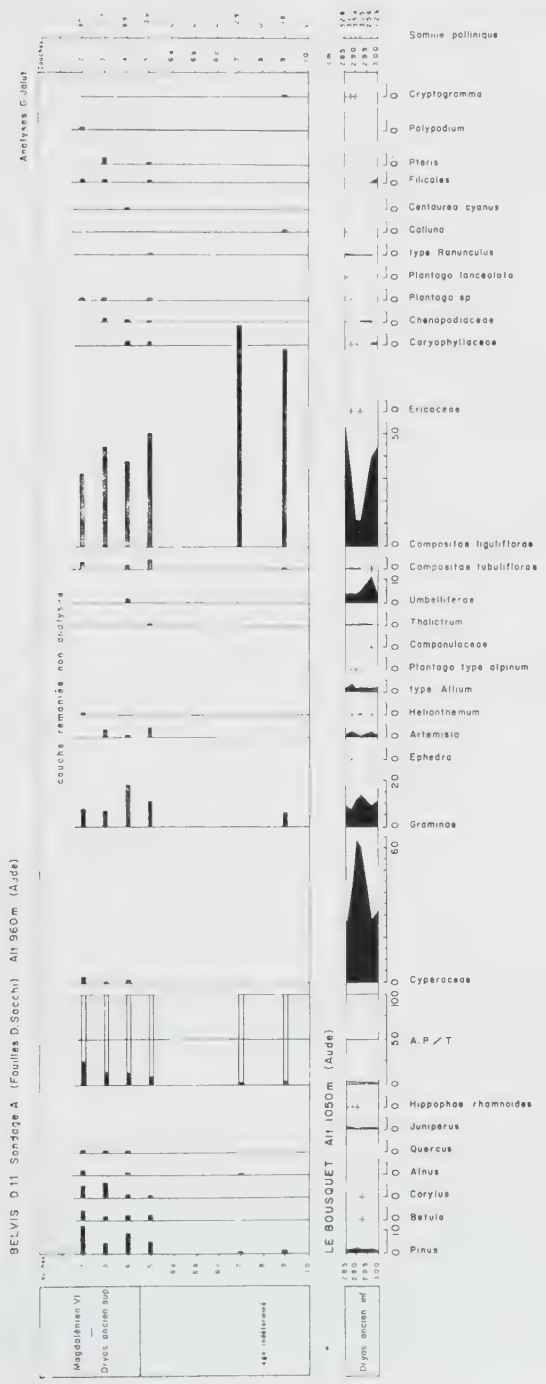

Somme pollinique
Cryptogramma
Polypodium
Pteris
Filicales
Centaurea cyanus
Calluna
type Ranunculus
Plantago lanceolata
Plantago sp
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Ericaceae
Compositae liguliflorae
Compositae tubuliflorae
Umbelliferae
Thalictrum
Campanulaceae
Plantago type alpinum
type Allium
Helianthemum
Artemisia
Ephedra
Gramineae
Cyperaceae
A.P / T
Hippophae rhamnoides
Juniperus
Quercus
Alnus
Corylus
Betula
Pinus
LE BOUSQUET Alt 1050m (Aude)
BELVIS D 11 Sondage A (Fouilles D.Sacchi) Alt 960m (Aude)
couche remaniée non analysée
Analyses G.Jalut
Magdalénien VI
Dryas ancien sup
Dryas ancien inf

Fig IV

Les niveaux 4, 3 et 2, par leur industrie et la faune qu'ils recèlent (le Renne en particulier) appartiennent sans ambiguité au Magdalénien VI — Dryas ancien supérieur — (D. Sacchi, 1973). Depuis la couche 5, archéologiquement stérile, jusqu'à la couche 2, s'observe une évolution progressive de la végétation qui se traduit par un lent accroissement du taux de boisement principalement dû au développement du Pin, du Bouleau et du Noisetier. Les filicales deviennent également plus importantes tandis que les Composées liguliflores régressent.

Avec un taux de boisement égal à 24 %, la couche 2 constitue la charnière avec l'Alleröd. Il est important de noter, au Dryas ancien supérieur, dans cette partie du plateau calcaire du Pays de Sault et tout comme à la Moulinasse, la présence de pollens de Noisetier, d'Aulne et de Chêne. Elle prouve une fois encore la persistance d'îlots de végétation plus thermophile et mésophile durant les phases froides et sèches du Tardiglaciaire, à différents niveaux d'altitude dans cette région des Pyrénées.

2) *L'Alleröd,* zone II : 3,06 m - 2,98 m.

Dans l'ensemble des diagrammes où cette phase est individualisée, elle apparaît très nettement et se manifeste par une forte poussée du Pin accompagnée, le plus souvent, par un développement parallèle mais plus faible du Bouleau. Les éléments steppiques régressent tandis que le taux de boisement atteint et parfois dépasse 70 %.

Seul le sondage de la Moulinasse I, malgré une faible épaisseur de sédiments, permet d'étudier cette phase dans le bassin moyen de l'Aude. Le sondage de la Moulinasse II n'en montre qu'une séquence très réduite par suite de l'important décapage qui s'est produit à partir du niveau 3,05 m. L'Alleröd se réduit alors à 5 cm d'épaisseur, entre 3,10 et 3,15 m, les niveaux supérieurs, entre 3,10 m et 2,25 m appartenant à la fin du Préboréal.

La comparaison des différents résultats obtenus pour l'Alleröd dans la partie du bassin de l'Aude étudié ici appelle deux remarques :

— la première porte sur l'importance variable des pourcentages du Pin à la fin du Dryas ancien supérieur et au début de l'Alleröd. A Balcère (M. Van Campo et G. Jalut, 1969) et à la Moulinasse, son importance est comparable tant à la fin du Dryas ancien qu'au cours de l'Alleröd. Par contre, dans le Donezan, à la tourbière du Ruisseau de Laurenti — 1860 m — (G. Jalut, 1973) le Pin à crochets est nettement plus abondant que dans les gisements précédents, dès la fin du Dryas ancien supérieur. Dans ce dernier cas, on peut supposer que des peuplements de Pins crochets occupaient, dès le début de

l'Alleröd des zones proches du gisement alors qu'à Balcère et à la Moulinasse, leur implantation était plus éloignée. Mais une présence proche, même réduite a pu suffire du fait de la forte pollinisation du Pin, pour le surreprésenter et modifier considérablement le spectre pollinique.

— la seconde nous ramène aux faits soulignés précédemment lors de l'étude du Dryas ancien supérieur. Elle concerne la présence des pollens de *Quercus, Corylus, Alnus, Abies* et *Fagus* rencontrés tant à la Moulinasse dans les sondages I, II et III que dans le Capcir à Balcère et dans le Donezan, à la tourbière du Ruisseau de Laurenti. Le fait que leurs pourcentages s'accroissent simultanément à l'Alleröd, et que, pour le Noisetier en particulier, des pourcentages de 5,2 % et 6,7 % aient été enregistrés à Belvis à la fin du Dryas ancien supérieur, nous prouvent qu'au Tardiglaciaire, en dépit d'un climat froid et sec défavorable, ces essences se sont maintenues dans des refuges protégés des vents violents, notamment dans la partie nord pyrénéenne du bassin de l'Aude (M. Van Campo et G. Jalut, 1969 ; G. Jalut, 1970 a et 1973).

3) *Le Dryas récent,* zone III : 2,98 m - 2,91 m.

Malgré les effets limités du refroidissement du Dryas récent sur la végétation (M. Van Campo et G. Jalut, 1969 ; G. Jalut, 1973), l'existence de cette phase est clairement mise en évidence à la Moulinasse, à Balcère, et à la tourbière du ruisseau de Laurenti. Elle se traduit surtout par une régression du Pin à crochets plus ou moins importante selon les gisements, et par une nouvelle extension des éléments steppiques.

Le Saule connaît alors à la Moulinasse I une extension nette mais limitée à cette phase.

Localement, le taux de boisement diminue mais il reste supérieur à celui de la fin du Dryas ancien supérieur. Ceci confirme l'effet limité de ce refroidissement sur la végétation locale et particulièrement sur les essences plus thermophiles situées à plus basse altitude dont les proportions ne varient guère.

Conclusions sur le Tardiglaciaire de la Moulinasse et du Bassin moyen de l'Aude.

Les données, tirées de l'étude de la végétation actuelle et notamment de la station de Pins à crochets de la tourbière du Pinet (alt. 880 m) dans le Pays de Sault, ainsi que les éléments nouveaux fournis par les études des gisements de la Moulinasse, du Bousquet et de Belvis permettent une reconstitution du paysage végétal au cours des phases du Tardiglaciaire.

La rareté des pollens de Pin, au Dryas ancien en particulier au Bousquet (alt. 1050 m), prouve que dans le versant nord du Madrès, la limite supérieure de cette essence a été située en dessous de 1000 m d'altitude. Les pourcentages enregistrés au Dryas ancien supérieur (Magdalénien VI. D. Sacchi, 1973), à Belvis (alt. 960 m), du niveau 5 au niveau 2, montrent également qu'à cette époque dans la partie occidentale du Pays de Sault, entre 800 et 1000 m d'altitude et dans les zones plates battues par les vents violents, a existé un peuplement très clairsemé, comparable à celui que l'on peut observer de nos jours à la limite des étages subalpin et alpin.

Dans les niveaux plus anciens de Belvis (couche 9 et 7, 20.000-30.000 BC), les pourcentages du Pin sont insignifiants (0,7 %, couche 7 ; 1,6 % couche 9) et traduisent une très grande rareté, voire l'absence totale du Pin dans le Pays de Sault.

Ces résultats concernent certains secteurs de la partie nord pyrénéenne du bassin de l'Aude. Ils ne sauraient être généralisés à l'ensemble de ce domaine. En effet, on ne peut concevoir dans une région ayant abrité dans de nombreux refuges des arbres thermophiles et mésophiles, que la limite supérieure de la forêt ait été uniformément abaissée en altitude lors des périodes froides et sèches du Tardiglaciaire. Il paraît au contraire logique de supposer pour le Pin à crochets, comme pour les autres essences arborescentes et arbustives, la persistance de stations plus ou moins nombreuses et étendues, peu éloignées de l'aire naturelle actuelle de cette espèce et réparties dans l'ensemble de l'extrémité orientale des Pyrénées. Seules les zones plates ou peu accidentées auraient alors été dépourvues d'arbres pendant les périodes les plus rigoureuses.

La présence des pollens de Noisetier, de Chêne, d'Aulne, de Sapin et de Hêtre est vérifiée dans la plupart des gisements de ce secteur du Bassin de l'Aude au Tardiglaciaire et notamment en ce qui concerne le Noisetier et le Chêne au Dryas ancien supérieur à Belvis. Elle confirme l'existence des refuges envisagés par H. Gaussen (1926) et partiellement vérifiée dès 1969 (M. Van Campo et G. Jalut, 1969). Abrités des vents violents froids et secs par des accidents topographiques et notamment par les puissantes falaises calcaires de la moyenne vallée de l'Aude entre Quillan et la partie la plus septentrionale du Donezan, surmontés par des peuplements de Pins à crochets sans donte peu denses au Dryas ancien, des îlots de végétation thermophiles et mésophiles ont subsisté. Ceci vérifie dans l'extrémité orientale des Pyrénées à la fin du Würm, l'hypothèse du téléscopage des zones de végétation (M. Van Campo, 1969).

C'est à partir de ces refuges que s'est effectuée peu à peu au Postglaciaire la mise en place de la végétation actuelle.

B. — Le postglaciaire. 2,91 m - 0 m.

Les différentes phases qui caractérisent cette période sont représentées dans les sondages de la Moulinasse I et II. L'évolution que l'on peut suivre dans chaque diagramme est identique, mais l'épaisseur des sédiments peut varier de façon considérable notamment à la fin du Préboréal dans le sondage de la Moulinasse II. Cette phase représentée par 85 cm de sédiments (de 2,24 m à 3,10 m) à la Moulinasse II, ne se traduit plus que par 12 cm, dans le diagramme de la Moulinasse I (de 2,53 m à 2,65 m).

1) Le *Préboréal*, zone IV : 2,91 m - 2,54 m. Datations fournies par le C^{14} : 7200 BC (Gif 1776).

L'extension du Pin et du Bouleau et le recul des Graminées, de l'Armoise et des Ombellifères marquent le début du Préboréal. L'examen du diagramme de La Moulinasse I permet de diviser cette période en deux parties.

1re partie : 2,91 m - 2,71 m.

C'est une phase à Pin et à Bouleau au cours de laquelle subsistent encore, dans de faibles proportions, le Genévrier (*Juniperus*), le Saule (*Salix*), l'Argousier (*Hippophae*), *Ephedra* et *Cryptogramma crispa*. La présence de ces espèces traduit la persistance de surfaces encore peu boisées et d'un climat encore froid et sec, propice, comme de nos jours, au développement de la forêt de Pins à crochets.

L'ensemble de la strate herbacée est moyennement représentée et le taux de boisement moyen voisin de 60 % indique un couvert arborescent encore peu dense.

Sous un tel climat à l'altitude du gisement, la représentation pollinique des arbres thermophiles et mésophiles reste faible mais à peu près constante. Les gisements de Balcère et de la Moulinasse sont comparables sur ce point. Par contre, dans le Donezan, la situation est très différente (tourbière du Ruisseau de Laurenti, G. Jalut, 1973). Le Noisetier et les Chênes y occupent, vers 1700-1800 m, une place prépondérante. L'abondance du Noisetier, compte tenu de ses exigences écologiques et de sa répartition actuelle évoquée précédemment traduit à cette altitude, des conditions d'humidité intermédiaires entre celles de la chênaie pubescente et celles de la hêtraie.

2e partie : 2,71 m - 2,54 m.

L'extension modérée du Noisetier marque, à l'altitude de la Moulinasse, le début de la seconde partie du Préboréal. Bien que ce phénomène soit important à la fois sur les plans climatique et phytogéographique, nous avons considéré qu'il ne pouvait être pris comme limite entre le Préboréal et le Boréal. En effet, malgré l'évolution climatique qui s'opère, le paysage reste dominé par le Pin à crochets. L'abondance de cette espèce prouve la persistance, durant la seconde

moitié du Préboréal, d'un climat de type froid et sec. Si l'humidité, sans doute supérieure à celle de la première moitié du Préboréal, permet l'extension du Noisetier dans des stations plus nombreuses, cette évolution est limitée. Elle ne modifie pas profondément l'aspect de la végétation. Seule l'évolution climatique qui se produit vers 6500 B.C. provoque un changement fondamental du paysage végétal. Le Pin à crochets disparaît alors des zones de moyenne altitude et il est remplacé par une forêt de feuillus. C'est à ce moment que se place la limite Préboréal-Boréal.

En même temps que s'effectue, à la Moulinasse I, le recul du Pin à crochets, les essences thermophiles et mésophiles se développent. Le Noisetier devient l'essence la plus abondante, mais l'Aulnaie-Frênaie et l'Ormaie-Tillaie sont également de mieux en mieux représentées ainsi que le Sapin et le Hêtre dont l'extension est particulièrement nette dans le diagramme de la Moulinasse II.

Exception faite des Cypéracées sans doute développées sur la tourbière et des Filicales qui croissent en lisière de la forêt, la strate herbacée est réduite.

Comparée aux données paléosylvatiques fournies par l'étude de la tourbière du Pinet — alt. 880 m — (G. Jalut, 1973), l'évolution de la sapinière à l'altitude de la Moulinasse traduit parfaitement la situation altitudinale et climatique de ce gisement. Vers 880 m, le climat encore insuffisamment humide à cette époque empêche le Sapin de se développer. Par contre, l'accroissement de l'humidité avec l'altitude, l'encaissement de la vallée de l'Aiguette et les versants ombragés favorisent vers 1300 - 1400 m, son développement timide. Il en va de même dans la haute vallée de l'Aude vers 1700-1800 m d'altitude. Il est à noter cependant que dans le Capcir les pourcentages du Sapin ne sont pas supérieurs à ceux enregistrés à la même époque à la Moulinasse. De même, les pourcentages du Noisetier sont, dans le Capcir, nettement inférieurs à ceux que l'on observe dans le Donezan (tourbière du Ruisseau de Laurenti, G. Jalut, 1973 a et b). Ceci traduit donc l'existence, dès cette époque, dans cette région élevée, d'un climat de caractère plus sec que celui du versant nord.

Plus haut, dans le Donezan vers 1860 m, l'altitude élevée et la dispersion limitée des pollens de Sapin rendent imparfaitement compte de l'importance de l'espèce sans doute encore rare et située en contre-bas du gisement.

2) Le *Boréal,* zones V et VI : 2,54 m - 2,46 m.

L'épaisseur réduite des sédiments représentant cette phase dans les sondages effectués à la Moulinasse ne permet pas une étude détaillée de l'évolution de la végétation. Elle suffit néanmoins pour

saisir les faits essentiels. Le plus important est la régression du Pin à crochets dont les pourcentages passent de 40 % du total des pollens comptés à environ 15 %. Ce pourcentage moyen ne varie guère jusqu'à la période actuelle. Simultanément, le Noisetier connaît une phase d'extension durant laquelle il est accompagné, plus modestement, par le Sapin, les Chênes et notamment *Quercus sessiliflora* Salisb., ainsi que par l'Orme, le Tilleul et le Frêne.

Compte tenu des exigences écologiques actuelles des essences citées, l'ensemble de ces variations traduit à l'altitude du gisement une augmentation de l'humidité qui se trouve confirmée par les résultats obtenus à des altitudes différentes dans l'ensemble des autres gisements du bassin de l'Aude (G. Jalut 1973). Ainsi, le Noisetier, les Chênes et, plus faiblement le Sapin, se développent vers 800 m d'altitude dans le Pays de Sault (Pinet). A Balcère, dans le Capcir, compte tenu de l'altitude plus élevée (1764 m) le Sapin connaît une forte extension, et, dans le haut Donezan vers 1860 m (tourbière du Ruisseau de Laurenti), il remplace peu à peu le Noisetier.

3) *L'Atlantique*, zone VII a : 2,46 m - 2,44 m.

Comme dans le cas du Boréal, l'épaisseur des sédiments représentant cette phase de longue durée est extrêmement faible. Il ne s'agit toutefois que d'une exception. Dans l'ensemble des autres gisements ces phases sont, en effet, normalement représentées et peuvent être ainsi étudiées en détail. Dans le sondage de la Moulinasse II, l'épaisseur de tourbe légèrement supérieure à celle de la Moulinasse I, permet, compte tenu de l'homogénéité des résultats obtenus pour le Postglaciaire dans chaque diagramme, de dégager les caractéristiques essentielles de cette période : la régression du Noisetier et son remplacement par la sapinière, le développement de l'aulnaie et de l'ormaie-tillaie.

Ces phénomènes ne sont pas isolés. Ils s'observent dans le Pays de Sault (tourbière du Pinet, 880 m) avec en plus, une extension du Frêne (*Fraxinus excelsior*) particulièrement nette.

Dans le même temps, en altitude, se manifestent deux types d'évolution.

Dans le Capcir, la courbe du Sapin prend une allure faiblement décroissante tandis que celle du Pin à crochets connaît une évolution inverse.

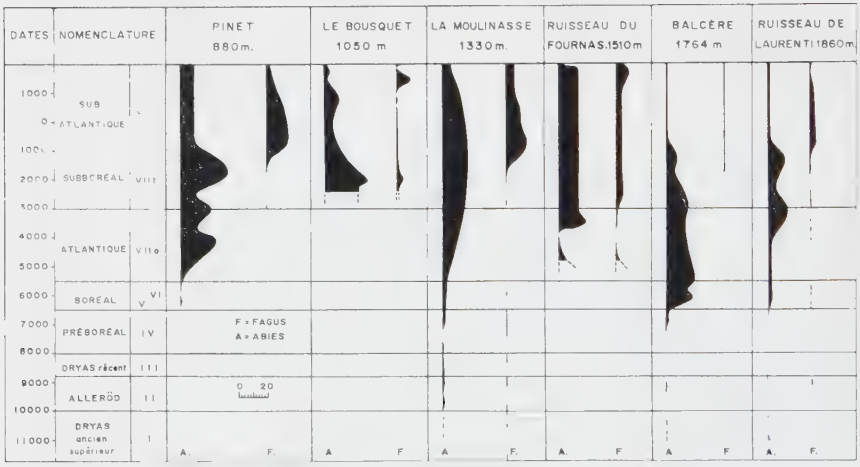
Dans le Donezan, vers 1860 m d'altitude, la courbe du Sapin devient croissante dans la seconde moitié de l'Atlantique. Ses pourcentages indiquent clairement, si on les compare aux pourcentages actuels, qu'une sapinière bien développée borde le gisement. Elle est alors au dessus de sa limite actuelle.

Quelle que soit en altitude, la traduction paléosylvatique de l'évolution climatique, la succession des types de végétation que l'on constate à la Moulinasse depuis la seconde moitié du Préboréal : Pin-Noisetier, Noisetier-Pin-Chêne – Sapin-Chêne-Noisetier, traduit le passage d'un climat de type sub-alpin à un climat sub-montagnard qui évolue vers le type montagnard.

Dès lors, l'Atlantique apparaît, dans le versant nord oriental des Pyrénées, comme une période non seulement plus humide mais également plus froide que le Boréal. Elle permet à la sapinière d'occuper peu à peu son aire de répartition actuelle.

Importante sur les plans climatique et phytogéographique, la période Atlantique l'est également sur le plan de l'histoire du peuple-

Fig.V – EVOLUTION TARDIGLACIAIRE ET POSTGLACIAIRE DU SAPIN ET DU HÊTRE SUR LE VERSANT NORD ORIENTAL DES PYRENÉES (HAUT BASSIN DE L'AUDE Alt 800-1900m)



ment humain du bassin de l'Aude. Complétant les études menées par J. Guilaine (1968 a et b - 1970-1971) sur le Néolithique de l'Aude, les analyses polliniques effectuées dans le Donezan (tourbière du Ruisseau de Fournas 1510 m) mettent en lumière le rôle important joué par l'homme dès le début de l'Atlantique (G. Jalut, 1973). Des défrichements accompagnés de cultures y sont mis en évidence ainsi qu'une expansion du Pin à crochets d'origine anthropique à moyenne altitude au Néolithique (G. Jalut, 1973). De plus, on note la présence d'une hêtraie bien développée au début de l'Atlantique, (fig. V) ce qui suppose dès cette époque l'existence d'une nébulosité qui n'existera ailleurs qu'à partir du Subboréal. Le diagramme du Ruisseau de Laurenti-1860 m - (G. Jalut 1973) montre également quelques pollens de Hêtre au Boréal ce qui pourrait traduire sa présence dans

le Donezan dès cette phase. Tout en soulignant, dès l'Atlantique, l'originalité climatique et paléosylvatique du Donezan, cet exemple montre la difficulté et les dangers des généralisations dans une région pourtant peu étendue.

4) *Le Subboréal et le Subatlantique*, zones VII b et VIII ; 2,44 m - 0 m. Datations obtenues par le C^{14} ; La Moulinasse I : 1400 B.C. (Gif 1777), 550 B.C. (Gif 1778), 50 B.C. (Gif 1779), 330 A.D. (Gif 1789). La Moulinasse II 1610 B.C. (Gif 2658), 200 A.D. (Gif 2657).

Dans l'ensemble de l'extrémité orientale des Pyrénées, le début de la courbe continue du Hêtre marque la transition Atlantique-Subboréal. D'abord limité, le développement du Hêtre s'affirme vers 1700 B.C., ce qui justifie une subdivision du Subboréal en deux zones bien identifiées dans la plupart des diagrammes du versant nord oriental des Pyrénées.

Identiques dans les deux diagrammes de la Moulinasse I et II, les étapes de l'évolution de la végétation se traduisent plus clairement dans le diagramme de la Moulinasse II.

— La première zone correspond au début du développement du Hêtre dont les pourcentages constants restent, en moyenne, voisins de 1,2 %. Dans le même temps, les pourcentages de l'Aulne et des Chênes s'accroissent et plus particulièrement ceux du Chêne sessile (*Quercus sessiliflora* Salisb.).

— La seconde zone débute vers 1600-1700 B.C. Le Hêtre s'étend et atteint, à la Moulinasse II (fig. 4), 22 % du total des pollens comptés. La strate herbacée étant toujours peu développée, le taux de boisement se relève alors très nettement pour atteindre 80 % à 1,97 m (La Moulinasse II) et 77 % à 2,37 m dans le sondage de la Moulinasse I. Immédiatement après, les pourcentages du Hêtre et du Sapin régressent dans les deux diagrammes. La diminution des proportions du Hêtre s'observe également dans les diagrammes de Pinet et de la tourbière du Ruisseau de Laurenti. Les datations absolues obtenues dans l'ensemble de ces sondages permettent de dater approximativement ce phénomène d'environ 800 avant J.C., ce qui correspond à la limite Subboréal-Subatlantique. Cependant, bien que cette limite ait été adoptée précédemment pour des raisons de commodité, il faut de nouveau souligner (G. Jalut, 1973), que dans la zone altitudinale étudiée, c'est-à-dire dans la zone forestière, elle ne traduit pas clairement une réponse de la végétation à un changement climatique net.

En effet, la régression du Hêtre est contemporaine, dans la plupart des cas d'une diminution du taux de boisement qui se produit en même temps ou précède de peu les traces des défrichements du Bronze final et du début de l'Age du Fer.

Dans la zone forestière du bassin de l'Aude étudiée ici, la limite Subboréal-Subatlantique se trouve donc masquée par les modifications que l'homme impose depuis parfois très longtemps à la végétation et elle ne peut, de ce fait être définie de façon précise à partir des seules modifications de la végétation sous l'action des facteurs du climat.

L'étude des colonnes sédimentaires ne permet pas davantage, dans la zone altitudinale considérée, de fixer avec netteté cette limite. Seul, le gisement des Estables I dans le Vallespir (G. Jalut, 1971a) montre dans la zone de transition entre le Subboréal et le Subatlantique, le remplacement d'un sédiment de nature tourbeuse par un dépôt de sable contenant des gros grains de quartz légèrement rubéfiés. Cette substitution de dépôts organiques par des éléments détritiques implique un changement radical de sédimentation. Il s'effectue au troisième tiers du Subboréal dans cette région, en même temps que le développement du Pin à crochets et la régression du Sapin, du Hêtre et des Chênes.

Il s'agit là du seul exemple qui dans l'extrémité orientale des Pyrénées, traduit clairement à la fin du Subboréal une dégradation climatique. Elle est caractérisée, dans ce gisement situé à la limite supérieure de la forêt, par un refroidissement et une phase d'érosion responsable dans cette région du début de la dégradation de la pelouse d'altitude (G. Soutade 1970). Par contre, dans les périodes plus récentes, en milieu supra forestier entre 0 et 850 A.D. dans le Haut Vallespir (Les Estables II, fig. 4, alt. 1883 m, G. Jalut non publié) et dans le Massif de Puigmal (Pla de Salinas alt. 2200 m G. Jalut 1971) des sédiments détritiques plus ou moins grossiers se déposent (Les Estables II) et des phénomènes de solifluxions se produisent (Pla de Salinas) (G. Soutade, 1971) reflètant une dégradation climatique historique.

5) *L'action de l'homme sur la végétation dans la région de la Moulinasse au Subboréal et au Subatlantique.*

A l'exception du gisement du ruisseau du Fournas (alt. 1510 m) dans le Donezan (G. Jalut, 1973) dont l'étude révèle les traces de défrichements et d'une agriculture néolithique, les tourbières étudiées dans la partie nord pyrénéenne du bassin de l'Aude ne montrent les traces évidentes de la présence humaine qu'à partir de 800 B.C. environ. Tel est le cas, à la tourbière du Pinet (G. Jalut, 1973), à la tourbière du Bousquet (G. Jalut, diagramme non publié) et à la Moulinasse I. A la Moulinasse, les premiers pollens de Céréales sont trouvés peu avant 550 B.C. et le taux de boisement diminue de façon très nette quelques temps auparavant. Les défrichements sont accompagnés par les modifications classiques de la strate her-

bacée (Iversen 1949). Le taux de boisement généralement inférieur à 50 % connaît de fréquentes et rapides modifications. Le Plantain lancéolé, les Composées, les Graminées, la Fougère Aigle (*Pteris*) se développent tandis que les principales essences arborescentes de la région, Sapin, Hêtre et Chêne, régressent simultanément. De plus, les pollens de Chêne vert présents mais plutôt rares depuis la seconde moitié du Préboréal deviennent plus abondants. Ce fait est à rapprocher des observations faites par A. Pons et J. L. Vernet (1971) à propos du rôle de l'homme dans l'extension du Chêne vert en régions méditerranéennes. Ces différentes modifications d'origine anthropique permettent d'individualiser, dans les diagrammes de la Moulinasse et du Bousquet plusieurs phases de défrichements et de cultures s'échelonnant dans le temps de la façon suivante.

A la Moulinasse I, un important défrichement accompagné de cultures se produit entre 1400 B.C. (Gif 1777) et 550 B.C. (Gif 1778) puis vers 50 B.C. (Gif 1779). Ce dernier pourrait correspondre à celui que l'on remarque entre 1,90 et 1,80 m à la Moulinasse II.

Vers 200 A.D. (Gif 2657) (La Moulinasse II) se produit un nouveau défrichement. Il correspond, approximativement à l'apparition du Seigle légèrement antérieur à 330 A.D. (Gif 1780) (La Moulinasse I).

Après le IV^{e} siècle et jusqu'à une période nettement plus récente mais non datée, qui débute vers 0,77 m à la Moulinasse I et 0,63 m à la Moulinasse II, le taux de boisement se stabilise, oscillant entre 40 et 56 %. Puis, de nouveau, la forêt régresse jusqu'à une période très récente.

Dans la tourbière du Bousquet (alt. 1050 m), l'action de l'homme sur la végétation paraît plus constante. Ceci s'explique par le fait que le gisement est situé dans une région très peu accidentée, d'altitude inférieure à celle de la Moulinasse, et par conséquent plus favorable au développement des cultures. C'est pourquoi l'on observe dès la fin du Subboréal et au début du Subatlantique, au cours d'une période à la fois nettement postérieure à 2350 B.C. (Gif 1781) et antérieure à 820 A.D. (Gif 1783) des traces de défrichements accompagnés de cultures (Céréales indéterminées et Seigle). Vers 820 A.D. (Gif 1782) débute une période de cultures de Céréales dont le maximum se situe vers 1500 A.D. (Gif 1783). Elle persiste jusqu'à la période subactuelle. L'abandon récent des terres se traduit de nos jours par une reconquête des zones abandonnées par le Frêne, le Noisetier et le Pin sylvestre. On observe alors dans le diagramme un relèvement du taux de boisement.

Du fait de l'aspect le plus souvent plissé des pollens de Céréales et du caractère aléatoire des déterminations spécifiques qui en découle, seule l'apparition et l'extension des cultures de Seigle peut être sérieusement suivie.

A la Moulinasse I, le Seigle apparaît vers 330 A.D. (Gif 1780), peu avant le Noyer dont l'apparition précède de peu celle du Charme, arbre de nos jours très éloigné de la région étudiée.

A la tourbière du Bousquet, (alt. 1060 m) le Seigle apparaît au cours d'une période non datée avec précision mais nettement antérieure à 820 A.D. (Gif 1782). Enfin au Pla de Salinas en Cerdagne (G. Jalut 1971) à 2200 m d'altitude et dans le Haut Vallespir (Les Estables II, alt. 1883 m G. Jalut, non publié) des pollens, transportés par le vent, apparaissent respectivement entre 0.B.C. (Gif 1886) et 800 A.D. (Gif 1885) et entre 0 et 750 B.C. (Gif 1391). Dans tous ces gisements, les pollens de Céréales sont peu abondants (moins de 0,5 % à 1,5 % du total des pollens comptés). Ils ne deviennent fréquents que vers 1500 A.D. (Gif 1783), dans le sondage du Bousquet où les pollens de Seigle représentent alors 7,2 % du total des pollens comptés. Si l'on se réfère aux données fournies par J. Heim (1970) de telles proportions indiquent la proximité immédiate des cultures.

6) *Comparaison entre le spectre pollinique actuel et la végétation environnante.*

Si l'on compare le taux de boisement AP/T enregistré dans le niveau de surface des diagrammes de la Moulinasse à l'esquisse cartographique de la végétation de la haute vallée de l'Aiguette (fig. III), on constate que le rapport AP/T égal à 50 %, traduit un paysage peu boisé et ne reflète que l'aspect de la végétation au niveau de la tourbière. La valeur de ce rapport est proche de celle fournie pour un milieu identique par J. Heim (1970) : 43 %.

Dans cette région très boisée, la pluie pollinique traduit donc de façon prédominante la physionomie de la végétation locale.

Au niveau de la représentation pollinique des espèces arborescentes, le Sapin, pourtant situé à 150 m des points de sondage ne constitue que 9 % du total des pollens comptés et le Hêtre, distant de 250 m, 11 %. Le Bouleau, surtout abondant aux limites nord et sud de la zone tourbeuse, en lisière de la sapinière, est convenablement représenté (7 % de T.). Par contre les pourcentages du Pin à crochets paraissent excessifs. En effet, si l'on compte environ trente individus au voisinage immédiat des points de sondage, tous ces arbres ne fleurissent pas. Ils sont d'autre part nettement moins abondants que le Bouleau et la limite la plus proche de la forêt de Pins à crochets est distante de 750 à 800 m, au sud du gisement. Cette espèce est donc surreprésentée.

Dans la pluie pollinique régionale principalement dominée par le Pin à crochets, les Chênes et le Noisetier sont faiblement représentés (*Quercus* 2 %, *Corylus* 2,5 %) ce qui traduit bien l'éloignement des deux essences.

D'une façon générale il apparait donc que le taux de boisement traduit fidèlement la physionomie de la tourbière (50 % de T.). A une plus petite échelle, il reflète imparfaitement l'aspect très boisé d'un payasage dont la principale essence, le Sapin, est légèrement sous-représenté par rapport au Hêtre. Enfin, la représentation pollinique de chacun de ces arbres est nettement inférieure à celle du Pin à crochets pourtant plus éloigné des points de sondage.

7) *Conclusion sur le Postglaciaire de la Moulinasse et de la partie nord pyrénéenne du bassin de l'Aude.*

La comparaison détaillée des résultats fournis par l'étude de la tourbière de la Moulinasse, avec ceux des autres gisements analysés dans le versant nord oriental des Pyrénées, permet de constater la diversité des types d'évolution paléosylvatique des différents secteurs étudiés. Si l'on exclut les caractéristiques évolutives liées aux différences d'altitude et qui ont eu notamment pour principal effet de favoriser ou de limiter le développement du Sapin, on se rend compte, en prenant pour référence l'évolution du Noisetier et du Hêtre qu'il existe, comme nous l'avons signalé précédemment, des différences locales quantitativement importantes et climatiquement significatives.

Ainsi, à la fin du Préboréal, malgré une altitude peu élevée, les pourcentages du Noisetier à Balcère, dans le Capcir, ne sont guère différents de ceux de la Moulinasse, pourtant située 430 m plus bas dans le versant nord du Madrès.

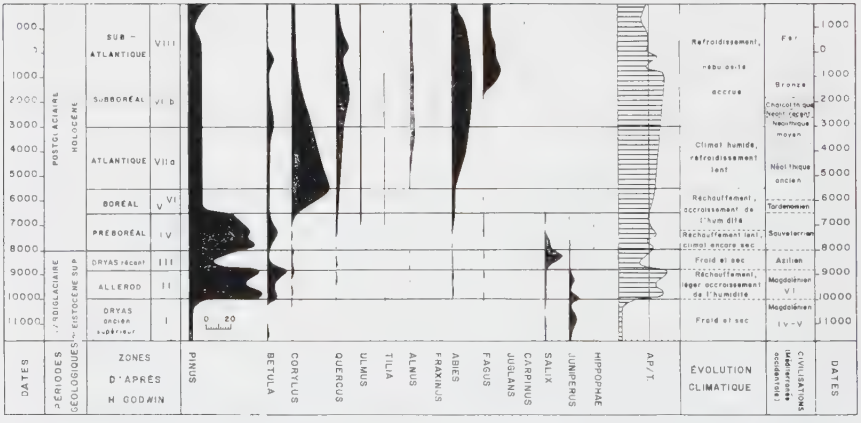
A l'Atlantique dans le Donezan, le Hêtre est déjà bien développé vers 1500 m d'altitude. La présence de ses pollens, rencontrés au Boréal dans le gisement du ruisseau de Laurenti (1860 m) laisse penser à l'existence de cet arbre dans le Donezan dès cette période. Ailleurs, et notamment plus vers l'est, à la Moulinasse, les pollens de Hêtre sont rencontrés de temps à autre au Boréal et à l'Atlantique mais il faut attendre le Subboréal pour que leur courbe devienne continue (fig. V).

Etant données les exigences écologiques actuelles de ces arbres et arbustes, ces différences évolutives, indépendantes de l'action humaine, constituent des réponses à des caractéristiques climatiques locales dont il apparaît que les traits essentiels se distinguent dès le début du Postglaciaire. L'évolution paléosylvatique postglaciaire s'est donc effectuée dans cette partie du bassin supérieur de l'Aude, à partir d'un cadre climatique semblable à l'actuel et déjà bien défini au Préboréal. La répartition des principales essences forestières à la fin du Tardiglaciaire, les différences altitudinales et, enfin, la topographie déterminant l'installation humaine ont ensuite contribué à donner à l'évolution de la végétation de chacun des domaines de ce versant nord de l'extrémité orientale des Pyrénées, ses caractéristiques propres.

L'examen des diagrammes montre, qu'elle que soit l'altitude des gisements, qu'à partir de l'Alleröd la plupart des pollens des essences arborescentes et arbustives thermophiles et mésophiles présentes dans la végétation actuelle sont rencontrés dans de faibles proportions. Le Bouleau et surtout le Pin occupent alors une place très importante. Cette observation permet de supposer, outre l'existence de phénomènes de coincement ou télescopage déjà soulignés, la présence de multiples stations aux caractéristiques climatiques et édaphiques diverses, réparties dans l'ensemble de la zone étudiée et colonisées de façon sélective, en fonction de leurs exigences écologiques propres, par les essences arborescentes actuelles et notamment, le Sapin, le Hêtre, le Noisetier, l'Orme, le Tilleul, les Chênes. Ainsi peut alors s'expliquer la présence des pollens de ces arbres et

Fig VI - ÉVOLUTION TARDIGLACIAIRE ET POSTGLACIAIRE DU CLIMAT ET DE LA VÉGÉTATION A LA MOULINASSE

VERSANT NORD ORIENTAL DES PYRÉNÉES (HAUT BASSIN DE L'AUDE



arbustes depuis l'Alleröd et le développement des formations qu'ils représentent, en fonction des effets des variations climatiques majeures sur les secteurs géographiques étudiés. En s'appuyant sur la répartition et les exigences écologiques actuelles des arbres et arbustes considérés jusqu'à présent on peut, à partir du diagramme synthétique (fig. VI) complété et précisé par rapport aux précédents (G. Jalut 1973), proposer pour la région de la Moulinasse, l'évolution climatique postglaciaire suivante.

Dans la première partie du Préboréal, malgré un net réchauffement, le climat de caractère encore froid et sec favorise essentiellement le Pin à crochets qui occupe de très vastes surfaces. Des conditions climatiques stationnelles permettent néanmoins aux essences plus thermophiles et mésophiles de s'implanter peu à peu, au-delà de leurs refuges tardiglaciaires. A partir de ces stations, nouvelles et

anciennes, dans la seconde moitié du Préboréal et au Boréal, le Noisetier, le Sapin et les Chênes se développent lentement grâce à un réchauffement accompagné d'une pluviométrie supérieure à celle des phases précédentes.

A l'Atlantique, cette humidité atmosphérique augmente et la température s'abaisse favorisant alors la sapinière qui se substitue peu à peu au Noisetier. Dans le Donezan, les conditions climatiques favorables permettent déjà au Hêtre de se développer.

Au début du Subboréal, sous un climat humide, se produit un refroidissement. La nébulosité accrue mais sans doute encore insuffisante favorise le développement modéré du Hêtre qui se heurte par ailleurs à la présence du Sapin bien implanté depuis le début de l'Atlantique. Ce n'est qu'à partir de 1600-1700 B.C. à l'occasion d'un nouveau refroidissement et grâce à une nébulosité suffisante que le Hêtre s'étend enfin dans les régions du bassin de l'Aude riveraines du Donezan. Dans les milieux forestiers étudiés, la transition Subboréal-Subatlantique n'apparaît pas clairement. Seule l'étude de gisements situés dans les milieux supra forestiers (Bassin du Tech et Cerdagne, G. Jalut 1971 a et b) permet d'observer parallèlement à des modifications de la végétation, le passage d'une phase de biostasie à une phase de rhexistasie perçue grâce à la stratigraphie des milieux analysés ainsi qu'aux études géomorphologiques entreprises dans ces mêmes régions (G. Soutadé 1970-1971). Ce changement climatique se traduit par une période d'érosion qui se manifeste à la transition Subboréal-Subatlantique et dans la période historique entre 0 et 850 A.D.

Ces données fournies par les gisements de Cerdagne et du bassin du Tech nous amène à comparer les caractéristiques évolutives du climat et de la végétation des bassins de la Têt et du Tech à celles des secteurs du bassin de l'Aude étudiés jusqu'à présent.

IV. — Caractéristiques paléoclimatiques et paléosylvatiques des hautes vallées de la Têt et du Tech : comparaisons avec la zone nord pyrénéenne du bassin de l'Aude.

Plusieurs sondages ont été effectués, analysés et datés dans les bassins de la Têt et du Tech. Deux concernent la haute vallée du Tech ou Haut Vallespir : les gisements des Estables I (fig. I - alt. 1750, G. Jalut 1971) et des Estables II (alt. 1883 m G. Jalut non publié). Trois sondages ont été effectués et analysés dans le bassin de la Têt : la tourbière de la Borde, dans la haute vallée de la Têt (fig. 1 - alt. 1660 m, G. Jalut 1971) ; la tourbière du Pla de Bassibès, (fig. 1 - alt. 1940 m, non publié), et le tourbière de Nohèdes (fig. 1 - alt. 1680 m non publié). Seul le gisement de la Borde a été daté

jusqu'à présent. Ce n'est qu'à partir des gisements des Estables I, dans le Haut Vallespir et de la Borde, dans la haute vallée de la Têt et pour le Postglaciaire uniquement que l'on peut donc pour le moment, dégager les caractéristiques générales de l'évolution du climat et de la végétation. Les principaux traits du climat actuel de ces régions ayant déjà été évoqués et synthétisés graphiquement dans la figure 2, la comparaison des résultats obtenus dans ces deux vallées, avec ceux de la partie nord pyrénéenne du bassin de l'Aude nous amène à effectuer deux constatations.

1° — L'évolution de la végétation et du climat au Postglaciaire dans les hautes vallées de la Têt et du Tech s'apparente à celle des zones nord pyrénéennes du bassin de l'Aude d'altitude inférieure à 1300-1400 m (G. Jalut 1973).

2° - L'observation détaillée des diagrammes de la tourbière de la Borde et de la tourbière des Estables I, montre, comme dans le bassin de l'Aude, des caractéristiques évolutives propres à chacun des domaines géographiques considérés. Elles soulignent dès le début du Boréal des différences climatiques comparables à celles observées de nos jours.

Si le Pin à crochets reste abondant tout au long de chaque diagramme, par suite de la situation altitudinale des deux gisements, le Boréal est caractérisé par le développement du Noisetier et des Chênes et par la présence rare mais presque constante du Sapin.

L'Atlantique est principalement marqué par le développement du Sapin et, le Subboréal, dans le Haut Vallespir, par le développement du Hêtre.

Les différences de détails entre les deux gisements tiennent essentiellement :

— à l'importance quantitative des pollens de Noisetier et de Sapin dont la fréquence est supérieure, dans le Vallespir exposé aux vents humides de secteur Sud, Sud Est et Est à celle observée dans la haute vallée de la Têt nettement plus sèche.

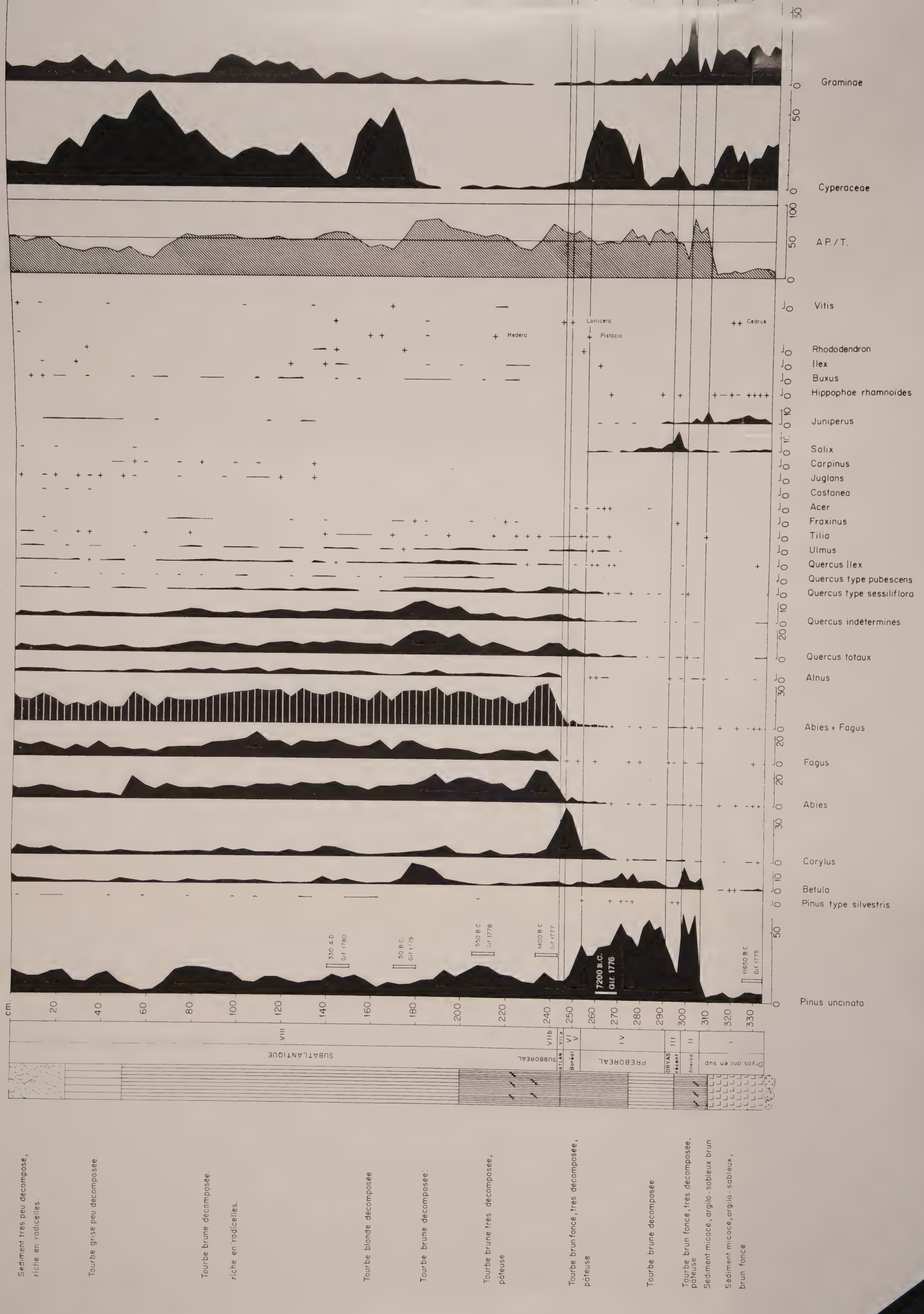
— à la fréquence plus grande des pollens de Chêne vert, *Quercus ilex* L. dans le sondage de la Borde dans la haute vallée de la Têt, ce qui confirme la remarque précédente.

Par ailleurs, un fait non observé dans le bassin de l'Aude est constaté à deux reprises dans les bassins du Tech (Les Estables I) et de la Têt (tourbière de Nohèdes, G. Jalut non publié) : la destruction de la sapinière par l'homme et sa non reconstitution.

V. — Conclusions générales.

Au Tardiglaciaire dans le versant nord du Madrès, la phase froide et sèche du Dryas ancien supérieur favorise le développement d'élé-

LA MOULINASSE 1 (dept de l'AUDE) alt: 1330 m



Sediment tres peu decompose, riche en radicelles.

Tourbe grise peu decomposee

Tourbe brune decomposee. riche en radicelles.

Tourbe blonde décomposée

Tourbe brune decomposee.

Tourbe brune tres decomposee, pateuse

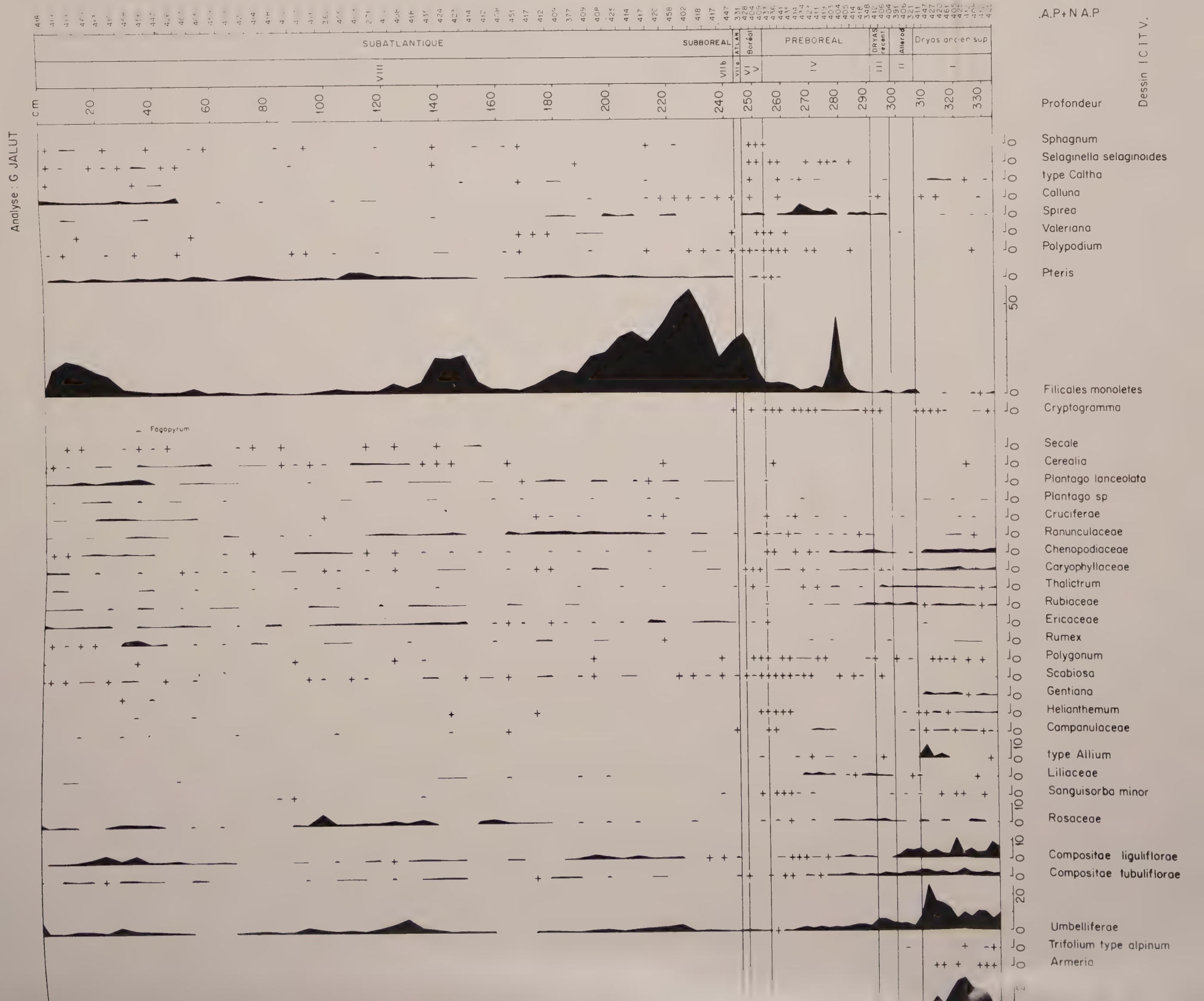
Tourbe brun foncé, tres decomposee, pateuse

Tourbe brune décomposée.

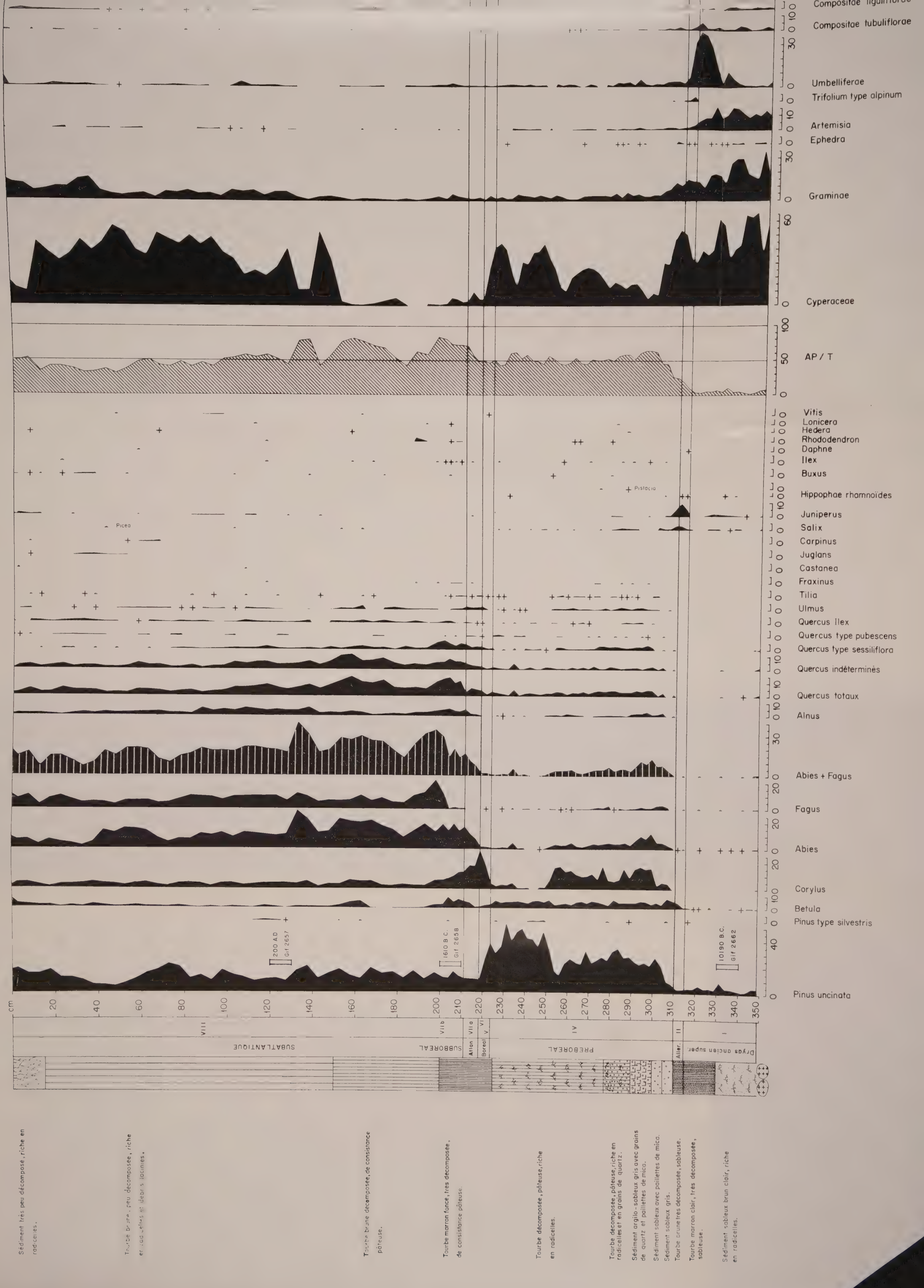
Tourbe brun foncé, tres decomposee, pateuse

Sediment micace, argilo-sableux brun

Sediment micace, argilo-sableux, brun foncé


Analyse : G JALUT
Dessin I C I T V.
A.P+N.A.P
SUBATLANTIQUE
SUBBOREAL
ATLAN.
Boréal
PREBOREAL
DRYAS recent
Allerod
Dryas ancien sup
VIII
VIIb
VIIa
VI
V
IV
III
II
I
cm
Profondeur
Sphagnum
Selaginella selaginoides
type Caltha
Calluna
Spirea
Valeriana
Polypodium
Pteris
Filicales monoletes
Cryptogramma
Fagopyrum
Secale
Cerealia
Plantago lanceolata
Plantago sp
Cruciferae
Ranunculaceae
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Thalictrum
Rubiaceae
Ericaceae
Rumex
Polygonum
Scabiosa
Gentiana
Helianthemum
Campanulaceae
type Allium
Liliaceae
Sanguisorba minor
Rosaceae
Compositae liguliflorae
Compositae tubuliflorae
Umbelliferae
Trifolium type alpinum
Armeria

LA MOULINASSE 2 (dépt. de l'AUDE) alt.: 1330 m



Sédiment très peu décomposé, riche en radicelles.

Tourbe brune, peu décomposée, riche en radicelles et débris ligneux.

Tourbe brune décomposée, de consistance pâteuse.

Tourbe marron foncé, très décomposée, de consistance pâteuse.

Tourbe décomposée, pâteuse, riche en radicelles.

Tourbe décomposée, pâteuse, riche en radicelles et en grains de quartz.

Sédiment argilo-sableux gris avec grains de quartz et paillettes de mica.

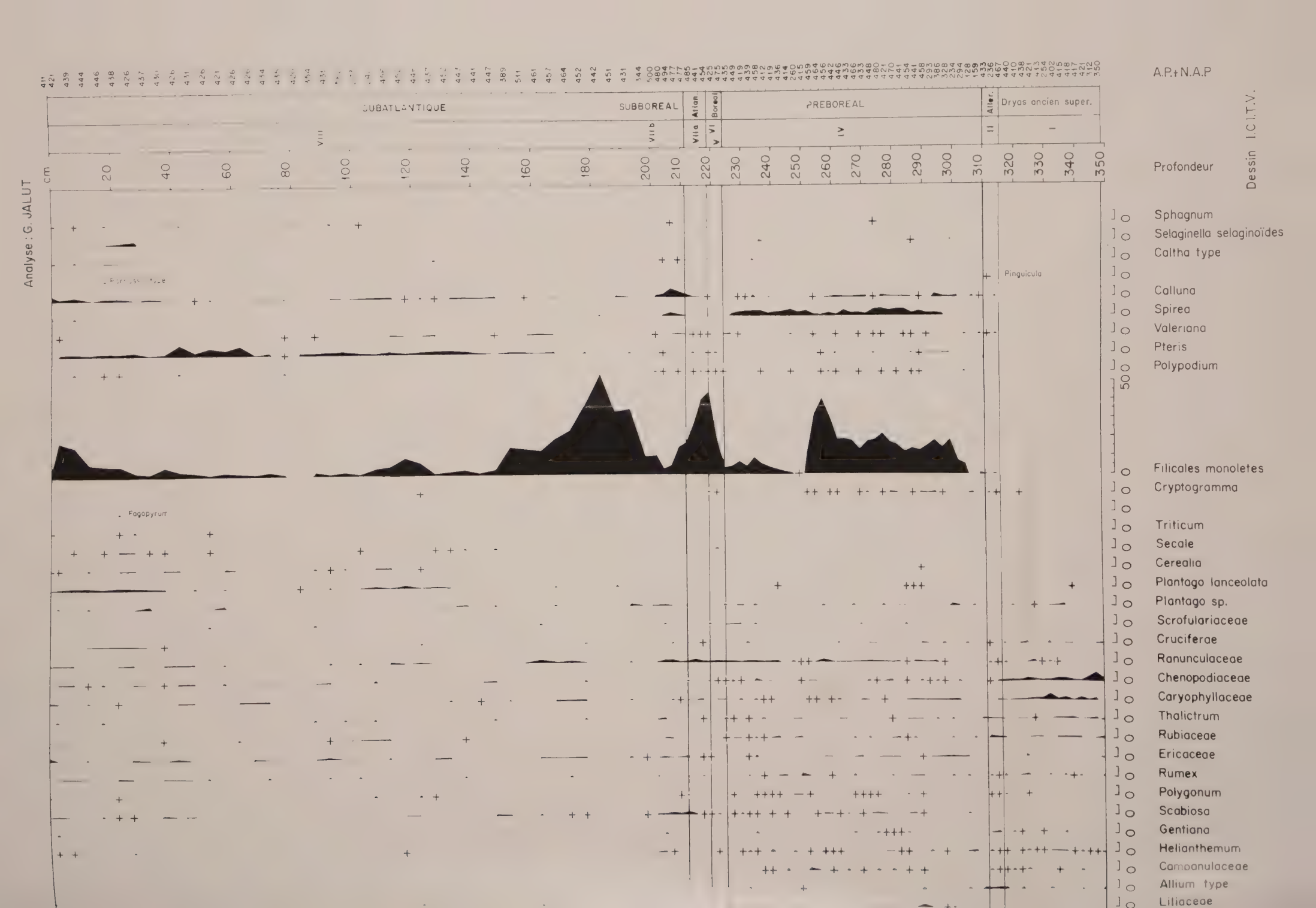
Sédiment sableux avec paillettes de mica.

Sédiment sableux gris.

Tourbe brune très décomposée, sableuse.

Tourbe marron clair, très décomposée, sableuse.

Sédiment sableux brun clair, riche en radicelles.


Analyse : G. JALUT
Dessin I.C.I.T.V.
A.P.+N.A.P
Profondeur
SUBATLANTIQUE
SUBBOREAL
PREBOREAL
Atlan.
Boreal
Aller.
Dryas ancien super.
VIII
VIIb
VIIa
VI
V
IV
II
I
cm
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
Pinguicula
Fagopyrum
500
Sphagnum
Selaginella selaginoïdes
Caltha type
Calluna
Spirea
Valeriana
Pteris
Polypodium
Filicales monoletes
Cryptogramma
Triticum
Secale
Cerealia
Plantago lanceolata
Plantago sp.
Scrofulariaceae
Cruciferae
Ranunculaceae
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Thalictrum
Rubiaceae
Ericaceae
Rumex
Polygonum
Scabiosa
Gentiana
Helianthemum
Campanulaceae
Allium type
Liliaceae

ments steppiques dont *Hippophae rhamnoïdes* L., aujourd'hui disparu du versant français des Pyrénées. La limite supérieure de la forêt de Pins à crochets est, durant cette période rigoureuse, inférieure à 1.000 m (Le Bousquet). Ailleurs, dans les zones les plus exposées aux vents (Belvis) le Pin à crochets ne forme que des peuplements très clairsemés. Malgré ces conditions climatiques défavorables, les essences forestières actuelles ne sont pas complètement éliminées. Elles subsistent dans des refuges proches de la zone du Pin à crochets. Favorisés par la topographie dans la partie pyrénéenne du bassin moyen de l'Aude, les phénomènes de coincement (P. Dansereau, 1956) ou de télescopage (M. Van Campo 1969) des zones de végétation sont alors fréquents.

A la faveur de l'Alleröd à la fois plus chaud et plus humide que la phase précédente, les espèces thermophiles et mésophiles vont coloniser, en altitude, de nouveaux milieux. Cette progression lente et ponctuelle est temporairement stoppée par le refroidissement du Dryas récent qui ne modifie cependant pas profondément l'aspect général du paysage végétal de l'Alleröd.

Après une période de transition correspondant à la première moitié du Préboréal, de profonds changements s'opèrent. Les analyses polliniques effectuées dans l'ensemble de l'extrémité orientale des Pyrénées permettent dès ce moment de retrouver les principales caractéristiques climatiques actuelles des domaines étudiés. C'est donc dans un cadre climatique déjà bien défini qu'évoluent, à partir de la seconde moitié du Préboréal, les principales formations végétales. Leur rapidité d'installation dépend de l'aspect de la végétation à la fin du Tardiglaciaire, de l'altitude, et des répercussions locales plus ou moins importantes des variations climatiques majeures.

Sous les effets du réchauffement et de l'augmentation de l'humidité qui caractérisent la seconde moitié du Préboréal et le Boréal, le Noisetier et les Chênes se développent dans l'ensemble de l'extrémité orientale des Pyrénées. Le Sapin commence également à apparaître et il connaît dans le Capcir, vers 1700-1800 m un développement optimum. Le peuplement isolé que l'on rencontre de nos jours dans la forêt de Pins à crochets, au voisinage du lac de Balcère constitue une relique de cette époque.

A l'Atlantique, dans les gisements de moyenne altitude du bassin de l'Aude, le Sapin jusqu'alors seulement développé en altitude, concurrence et supplante le Noisetier grâce à un climat à la fois plus humide et plus froid que celui du Boréal. Dans le même temps, cette humidité croissante lui permet de s'implanter dans les hautes vallées du Tech et de la Têt. Éliminé par l'homme dans le Haut Vallespir,

il se maintient encore, environné par la forêt de Pins à crochets, dans quelques stations favorables de la haute vallée de la Têt vers 1900 m d'altitude.

A l'exception du Donezan dans lequel les conditions climatiques lui sont, dès l'Atlantique, favorables, les autres secteurs géographiques de la partie pyrénéenne du bassin de l'Aude et les hautes vallées de la Têt et du Tech ne voient s'étendre le Hêtre qu'au début du Subboréal dont il marque nettement la limite. Cet essor est favorisé par un refroidissement et une nébulosité accrue. Apparemment progressif et plus modeste dans les hautes vallées d'orientation est-ouest, le développement du Hêtre s'effectue en deux étapes dans le versant nord oriental des Pyrénées.

La première, de 3000 BC à 1600-1700 BC correspond à une extension limitée. La seconde, marque au contraire le début d'une poussée beaucoup plus forte mais rapidement perturbée par l'exploitation de la forêt par l'homme et par le développement des cultures dans les régions les plus favorables à leur implantation. Cette seconde phase ne montre pas, dans la zone forestière étudiée, une limite évidente qui permette de séparer nettement le Subboréal du Subatlantique.

L'exploitation de la hêtraie-sapinière et l'installation des cultures sont évidentes dès le Néolithique dans le Donezan. Elles contribuent, après l'abandon des surfaces exploitées, à y favoriser, à moyenne altitude l'implantation du Pin à crochets. Ailleurs, plus tardivement, dans la partie du bassin moyen de l'Aude étudié ici, l'ensemble Sapin-Hêtre-Chênes est touché par les défrichements. On constate alors la diminution des pourcentages des pollens du Chêne sessile, vers le IV^{e} siècle de notre ère, dans la région de la Moulinasse, en même temps qu'apparaissent les pollens de Charme et ceux du Noyer.

Jusqu'alors principalement déterminé par le climat, l'aspect des forêts du bassin moyen de l'Aude se modifie à partir de la seconde moitié du Subboréal, essentiellement en fonction des besoins économiques de l'homme.

Summary.

Pollen analysis of the peat-bogs situated on the north-eastern slopes of the Pyrenees allowed the evolution of the vegetation and the climate from 11650 B.C. to present to be studied.

During the late glacial period and especially in the Lower Dryas the upper limit of Pine forest on the northern slope of Madrès is below an altitude of 1000 m. On the plains of Pays de Sault exposed to violent and dry winds, Pine forest is also very thin and sometimes absent. However the upper limit of the Pine forest has not come down uniformly and it seems that some pockets of *Pinus uncinata* Ram. stay at altitude, where the conditions are favourable. At the same time, thermophylous and meso-

phylous trees have not quite disappeared and persist in many refuges distributed throughout the region and from which they have begun to spread since the Alleröd.

Their expansion stopped during the Upper Dryas and during the first part of Preboreal period. *Pinus uncinata* Ram. and *Betula* were at that time, the most important species. During the second part of Preboreal period and Boreal, the increase in temperature and humidity allowed *Corylus* and *Quercus* to expand while *Abies* began to reforest the neighbouring regions and particularly Capcir. The mode of the expansion of *Abies* differs according to the region studied and the altitude of the peat-bogs (fig. V). The expansion of *Abies* continues throughout the Atlantic period in the whole region studied and at the same time *Corylus* decreases. At Donezan, *Fagus* is present (fig. V) but it only spreads everywhere from the Subboreal period and chiefly at about 1600-1700 B.C. The Subboreal-Subatlantic limit is difficult to localise in the forest zone because of the masking effect of man on the natural evolution of the vegetation. In Donezan, the first deforestation and cultures appear during the Atlantic period, but in the rest of the region it is generally clearly recognizable from 800 B.C.

Pollen analysis of the north-eastern slopes of Pyrenees such as the Tet and Tech river basins, show that the dominant climatic characteristics of these different regions appear from Preboreal period. It demonstrates that climatic fluctuations of the postglacial period had had differential effects on each sector of the region studied, and thus engendered differing evolutionary trends in a limited geographical area.

Remerciements.

Il m'est agréable de remercier les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail et particulièrement Madame G. Delibrias, responsable du C^{14} au Centre des Faibles Radioactivités du C.N.R.S. qui a bien voulu effectuer les nombreuses datations qui étaient nécessaires et sans l'aide de laquelle ce travail n'eut pas été possible ; Madame M. Van Campo, Directeur de Recherches au C.N.R.S., qui a dirigé ce travail et m'a fait constamment bénéficier de ses précieux conseils ; Monsieur le Professeur H. Gaussen qui m'a fait profiter de sa grande connaissance des Pyrénées ; Monsieur le Professeur J. L. Trochain, Directeur du Laboratoire de Botanique et Biogéographie de l'Université Paul Sabatier, qui m'a accueilli dans son Laboratoire et qui m'a fourni, ainsi que Monsieur P. Legris, Directeur de Recherches au C.N.R.S., une aide matérielle et technique considérable. Je tiens également à exprimer ma gratitude à mes collègues palynologues, géographes, botanistes et préhistoriens qui se sont intéressés à ce travail et m'ont formulé, au cours de discussions enrichissantes, leurs remarques et leurs conseils ; Madame N. Planchais, Chargé de Recherches au C.N.R.S., Monsieur G. Soutade, Maître-assistant, Institut de Géographie, Université de Toulouse II, Monsieur M. Delpoux, Maître-assistant et Madame C. Meste, Assistante, Laboratoire de Botanique et Biogéographie, Université Paul Sabatier, Toulouse, Monsieur A. Baudière, Maître-assistant, C.S.U. Perpignan, Monsieur J. Guilaine, Chargé de Recherches au C.N.R.S., Monsieur D. Sacchi, Attaché de Recherches au C.N.R.S. Je tiens enfin à exprimer ma reconnaissance à Monsieur A. Severac, Technicien au Laboratoire de Botanique et Biogéographie qui m'a aidé durant mes

séjours sur le terrain ainsi qu'aux agents de l'Office National des Forêts pour l'aide matérielle qu'ils m'ont apportée et les renseignements qu'ils m'ont fournis.

BIBLIOGRAPHIE.

AYTUG, B. (1960). — Quelques mensurations des pollens de *Pinus silvestris* L. *Pollen et Spores*, II, n° 2, p. 305-309.

AYTUG, B. (1962). — Diagnose des pollens de *Pinus silvestris* et *Pinus uncinata* des Pyrénées. *Pollen et Spores*, IV, n° 2, p. 283-296, 4 fig., 2 pl. h.t.

BASSOULS, M. (1964). — La pluviosité de la zone de montagne du département des Pyrénées-Orientales. *Bull. Fed. Fr. d'Econ. Mont.*, nouvelle série, n° 14, p. 315-125, 2 tabl.

BAUDIÈRE, A. (1970). — Recherches phytogéographiques sur la bordure méridionale du Massif Central français (les monts de l'Espinouse). Thèse, 3 tomes, Perpignan.

BEAULIEU, J. L. de et EVIN, J. (1972). — Analyse pollinique et datages C^{14} dans les monts de Lacaune (Tarn). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 274, sér. D, p. 3531-3534.

BEAULIEU, J. L. de et GILOT, E. (1971). — Données nouvelles concernant l'histoire forestière des Alpes-Maritimes, d'après l'analyse pollinique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 273, sér. D, p. 2489-2492.

BEUG, H. J. (1965). — Pollenanalytische Untersuchungen zur nacheiszeitlichen Geschichte der mediterranen Arten im Gardasee-Gebiet. *Ber. d'sch. Bot. Gesellsch.*, 78/1, p. 28-30.

BEUG, H. J. (1967). — Probleme der Vegetationsgeschichte in Südeuropa. *Ber. dtsch. Bot. Gesellsch.*, Berlin, 80/10, p. 682-689, 1 fig., 1 tabl.

BIROT, P. (1937). — Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles. Thèse, Paris, 318 p.

BOURNERIAS, M. (1968). — Guide des groupements végétaux de la région parisienne. S.E.D.E.S. - Paris, 290 p.

BRAUN-BLANQUET, J. (1948). — La végétation alpine des Pyrénées orientales. Estacion des Estudios Pirenaicos, Barcelona, 306 p.

CASANOBE, G. (1966). — La Tramontane. *Annales climatologiues des Pyrénées-Orientales*, p. 20-25, 2 fig.

CASANOBE, G. (1968). — Vents del Rossello (Vents locaux en Roussillon). *Annales climatologiques des Pyrénées-Orientales*, p. 15-29, 1 tabl., 13 fig.

DANSEREAU, P. (1956). — Le coincement, un processus écologique. *Acta Biotheoretica*, Leiden, vol. XI, pars. III/IV, p. 157-178, 6 fig.

DE BOLOS, O. (1973). — Observations sur les forêts caducifoliées humides des Pyrénées catalanes. Actes du VI^{e} Congrès international d'études pyrénéennes. Bagnères de Bigorre, 18-22 sept. 1971. Pirineos, p. 65-85.

DUBOIS, G. et C. (1946). — L'analyse pollinique de la tourbière de Pinet à Roquefeuil (Aude). *C. R. Acad. Sci.*, t. 222, p. 45-456, 1 fig.

DUPIAS, G. (1967). — La série du Chêne pubescent en France. Un vol. ronéotypé, Toulouse, 33 p.

FAEGRI, K. et IVERSEN, J. (1964). — Textbook of pollen analysis, 237 p., Blackwell Scientific Publications, Oxford.

FLORENCE, J. (1962). — Exemple d'étude dendrologique en relation avec la climatologie du Capcir et de la Cerdagne. Thèse de 3^{e} cycle de biogéographie, Toulouse, 149 p.

GAUSSEN, H. (1926). — Végétation de la moitié orientale des Pyrénées. Thèse, Paris, 559 p.

GAUSSEN, H. (1929). — Les analyses polliniques de tourbières et la tourbière de Pinet. *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, t. LVIII, p. 656-660, 1 fig.

GAUSSEN, H. (1948). — Carte de la végétation de la France : Perpignan, 1re édit., C.N.R.S.

GAUSSEN, H. (1972). — Carte de la végétation de la France : Perpignan, 2e édit., C.N.R.S.

GENSAC, P. (1967). — Feuille de Bourg-Saint-Maurice et de Moutiers. Les groupements végétaux au contact des pessières de Tarentaise. Doc. Carte Vég. Alpes, Grenoble, vol. 5, p. 7-62.

GODWIN, H. (1956). — The history of the British flora. Cambridge University Press, 384 p.

GUILAINE, J. (1970). — Nouveaux points de chronologie absolue pour le Néolithique ancien de la Méditerranée occidentale. *L'Anthropologie*, t. 74, n° 1-2, p. 85-92, 1 fig.

GUILLET, B. (1972). — Relation entre l'histoire de la végétation et la podzolisation dans les Vosges. Thèse Nancy, 112 p., 39 pl. annexes.

GUINOCHET, M. (1938). — Etudes sur la végétation de l'étage alpin dans le bassin supérieur de la Tinée (Alpes Maritimes) : 458 p.

HEIM, J. (1970). — Les relations entre les spectes polliniques récents et la végétation actuelle en Europe Occidentale. Louvain, 181 p., 36 fig., 43 tabl. h.t.

JALUT, G. (1970a). — Données nouvelles concernant l'évolution de la végétation dans le bassin de l'Aude, au cours du Tardiglaciaire et du Postglaciaire d'après l'analyse pollinique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 270, sér. D, p. 3037-3039.

JALUT, G. (1970b). — Caractères généraux de l'évolution de la végétation et du climat pendant le Postglaciaire dans les vallées de la Têt et du Tech. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 271, sér. D, p. 2277-2279.

JALUT, G. (1971a). — Analyse pollinique de sédiments des Pyrénées-Orientales. Tourbière de la Borde : Haute vallée de la Têt, alt. 1660 m, gisement des Estables I : Haut Vallespir, alt. 1750 m. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, n° 27, 2, p. 91-110, 3 fig., 2 diagr. h.t.

JALUT, G (1971b). — Analyse pollinique d'une mouillère du Pla de Salinas (2200 m), massif du Puigmal, Pyrénées-Orientales. Collogue interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du Bassin occidental de la Méditerranée, 5-6 févr. 1971, 11 p., 1 fig., 1 diagr.

JALUT, G. (1972). — Evolution post-würmienne de la végétation des Pyrénées-Orientales. *Pirineos*, 105, p. 85-92, 2 fig.

JALUT, G. (1973). — Evolution du climat et de la végétation de l'extrémité orientale des Pyrénées au Tardiglaciaire et au Postglaciaire d'après l'analyse pollinique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 276, sér. D, p. 2653-2656.

JEANBERNAT, E. et TIMBAL-LAGRAVE, E. (1879). — Le Massif du Laurenti. Paris, 434 p., 1 carte, 2 pl.

KELLER, P. (1929). — Analyse pollinique de la tourbière du Pinet. *Archives de Botanique*, Caen, t. 3, n° 4, p. 57-63, 1 pl.

LAGASQUIE, J. J. (1963). — Le relief calcaire du Plateau de Sault. R.G.P.S.O., T. XXXIV, fasc. 1, p. 11-32, 6 fig., 2 pl. h.t., 1 carte h.t.

LANG, G. et TRAUTMANN, W. (1961). — Zur spät und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Auvergne (Französisches Zentralmassiv). *Flora*, Bd. 150, p. 11-41, 3 diagr. h.t.

MUNAUT, A. V. (1967). — Recherches paléo-écologiques en basse et moyenne Belgique. *Acta Geographica Lovaniensia*, vol. 6, 191 p., 71 diagr., 22 tabl., 18 fig., Inst. Géogr., Univ. Cathol., Dekemstratt 2, Louvain.

NEGRE, R. (1972). — La végétation du bassin de l'One (Pyrénées centrales) quatrième note : les forêts, 125 p. *Veröffentlichungen Des Geobotanischen Institutes Der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel*, Zürich 49 Heft.

PEDELABORDE, P. (1959). — Circulation atmosphérique sur les Pyrénées françaises. (Texte et atlas). C.D.U., Paris, 57 p.

Planchais, N. (1962). — Le pollen de quelques Chênes du domaine méditerranéen occidental. *Pollen et Spores*, IV, n° 1, p. 87-93, 1 pl.

Planchais, N. (1970). — Tardiglaciaire et Postglaciaire à Mur-de-Sologne (Loir-et-Cher). *Pollen et Spores*, XII, n° 3, p. 381-428, 9 fig., 3 tabl., 1 diagr. h.t.

Pons, A. et Vernet, J.-L. (1971). — Une synthèse nouvelle de l'histoire du Chêne vert (*Quercus ilex* L.). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 118, p. 841-851.

Renault-Miskovsky, J. (1972). — Contribution à la paléoclimatologie du Midi méditerranéen pendant la dernière glaciation et le Postglaciaire d'après l'étude palynologique du remplissage des grottes et abris sous roche. Thèse, Paris, 495 p., offset.

Rey, P. (1957). — Le déterminisme écologique de la répartition des plantes méditerranéennes en Aquitaine. Trav. Lab. forest. Toulouse, t. I, vol. V, art. XXXI, extrait du *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, t. 92, p. 131-156, 7 fig., 2 tabl.

Sacchi, D. (1973). — Les Pyrénées audoises et roussillonnaises au Paléolithique supérieur. Extr. Catalogue de l'Exp. Préhistoire et Protohistoire dans les Pyrénées françaises. Lourdes, 1973, p. 51-54, 3 pl., 1 photo.

Sanson, J. (1945). — Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. Mém. Météorol. Nation., n° 30.

Sanson, J. (1953). — Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. Mém. Météorol. Nation. Paris.

Serve, L. (1972). — Recherches comparatives sur quelques groupements végétaux orophiles et leurs relations avec la dynamique périglaciaire dans les Pyrénées-Orientales et la Sierra Nevada. Thèse doct. 3e cycle, Sci. Biol., mention Ecol., Univ. Sci. Techn. Languedoc, C.U. Perpignan, 334 p.

Soutade, G. (1970). — Les banquettes gazonnées des sources du Tech (P.-O.). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 106, fasc. 1-2, p. 170-178, 3 fig.

Soutade, G. (1971). — Modelés supra-forestiers et variations climatiques récentes sur le contrefort occidental du massif du Puigmal, Pyrénées méditerranéennes, France. Colloque interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée, 24 p., 3 pl. photo., Perpignan.

Susplugas, J. (1942). — Le sol et la végétation dans le haut Vallespir. Stat. Int. Geobot. Med. et Alp., Montpellier, Comm. n° 79, 225 p.

Van Campo, M. (1950). — Recherches sur la phylogénie des Abiétinées d'après leurs grains de pollen. Trav. du Lab. Forest. Toulouse, 1950, 183 p.

Van Campo, M. (1969). — Végétation würmienne en France, données bibliographiques, hypothèse. Etudes sur le Quaternaire, VIIIe Congr. I.N.Q.U.A., Paris, 8 p.

Van Campo, M. et Elhaï, H. (1956). — Etude comparative du pollen de quelques Chênes. Application à une tourbière normande. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 103, n° 5-6, p. 254-260, 2 fig., 2 pl.

Van Campo, M. et Jalut, G. (1969). — Analyse pollinique de sédiments des Pyrénées-Orientales : lac de Balcère (1764 m). *Pollen et Spores*, XI, n° 1, p. 116-126, 2 fig., 1 diagr. h.t.

Vernet, J.-L. (1972). — Contribution à l'histoire de la végétation du sud-est de la France au Quaternaire. Etude de macroflores de charbons de bois principalement. Thèse, Montpellier, 104 p., 1 carte, 6 pl., photos.

Viers, G. (1961). — Le glaciaire du massif du Carlit (Pyrénées-Orientales) et ses enseignements. R.G.P.S.O., t. XXXII, p. 5-33, 4 fig., 2 pl. phot. h.t.

Viers, G (1968). — La carte du relief glaciaire des Pyrénées, feuille de Mont Louis au 50 000e, Pyrénées-Orientales. R.G.P.S.O., t. XXXIX, fasc. 4, p. 429-434, 2 pl. h.t.

VIERS, G. (1971). — L'englacement quaternaire des Pyrénées Orientales et ses problèmes climatiques. Colloque interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée. Perpignan 5 et 6 Février 1971, 8 p., 1 carte.

VIGNEAU, J.-P. (1971). — Précipitations d'automne et perturbations méditerranéennes dans les Pyrénées-Orientales. R.G.P.S.O., t. XLII, fasc. 3, p. 265-292.

WALTER, H. et STRAKA, H. (1970). — Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik, 478 p., 1 tabl. h.t.

Annales climatologiques. 1966, Pyrénées-Orientales. Conseil général, commission météorologique, 160 p.

Carte géologique détaillée de la France. Quillan 1/80 000e, 3e édition, n° 254, 1967.

Imprimerie DECLUME — Lons-le-Saunier.

AVIS AUX COLLABORATEURS

Les travaux destinés à la revue « POLLEN et SPORES » sont reçus par M^me^ M. VAN CAMPO, Laboratoire de Palynologie, Faculté des Sciences, Place Eugène Bataillon, Montpellier (France).

Les manuscrits doivent être remis en deux exemplaires. Ils seront obligatoirement dactylographiés avec double interligne au recto des feuillets seulement. Les dessins accompagnant les articles doivent être définitifs, exécutés de manière à pouvoir être reproduits directement par les procédés usuels. Il est désirable qu'ils soient exécutés ou groupés de façon à occuper, après réduction, la largeur de la justification du texte. Les photographies doivent être suffisamment contrastées.

Les auteurs recevront gratuitement 50 exemplaires des pages contenant leurs articles, sous couverture. Ils pourront cependant recevoir des tirés à part réimposés, mais sur demande expresse de leur part et à titre onéreux. Ils s'engagent à ne pas mettre leurs tirés à part dans le commerce.

BIBLIOGRAPHIE.

Les auteurs qui enverront l'ensemble de leurs tirés à part à la revue Pollen et Spores recevront le supplément bibliographique à la revue, s'ils en font la demande par lettre.

Les envois doivent nécessairement être faits à l'adresse suivante : Laboratoire de Palynologie, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier - Cedex.

ABONNEMENTS.

Les prix d'abonnement à la revue *Pollen et Spores* pour l'année en cours sont : France : 140 F, Etranger : 35 $ U.S.A., ou 150 F.

Le montant des abonnements doit être adressé à M^me^ M. VAN CAMPO, Muséum National d'Histoire Naturelle, 61, rue de Buffon, Paris V^e^, soit par Bons U.N.E.S.C.O., soit par chèques bancaires, soit à son compte chèque postal 1340502 Paris.

TIRAGES A PART.

Les auteurs qui désirent un certain nombre de tirés à part en plus des 50 exemplaires offerts par POLLEN et SPORES sont priés de s'entendre directement avec l'Imprimerie M. DECLUME, Lons-le-Saunier (Jura) France.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

LIVINGSTONE, D. A., TOMLINSON, M., FRIEDMAN, G. and BROOME, R. : Stellate pore ornamentation in pollen grains of the Amaranthaceae 345

FREAN, M. L. : Exine stratification and fine structure of the pollen wall of *Croton gratissimus* (Burch.) subsp. *subgratissimus* (Prain) Burtt Davy 353

THUAN, H. V. : Contribution à l'étude pollinique du genre *Dunbaria* (Papilionaceae) 363

PRAGLOWSKI, J. : The pollen morphology of the Theligonaceae with reference to taxonomy 385

SIVAK, J. : Observations nouvelles sur les grains de pollen de *Tsuga*. 397

EL-GAZZAR, A. and HAMZA, M. K. : Morphology of the twin pollinia of Asclepiadaceae 459

JALUT, G. : Analyse pollinique de la tourbière de la Moulinasse : versant nord oriental des Pyrénées 471

ROBERTSON, E. B. : *Marsypiletes cretacea* gen. and sp. nov. from the Hell Creek formation (Maestrichtian) Montana, U.S.A. 511

HERNGREEN, G. F. W. : Palynology of Albian-Cenomanian strata of Borehole 1-QS-1-MA, state of Maranhão, Brazil 515

ALLAM, B., CRAMER, F. H., KANES, W. H. et CHRISTOPHER, R. : Note sur la palynologie du Bajocien du Djebel Selfate, Sidi Kacem, Maroc 557

HEBDA, R. J. and LOTT, J. N. A. : Effects of different temperatures and humidities during growth on pollen morphology ; an SEM study 563

Livres reçus 573

PRIX DU NUMÉRO 70 F